



CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES CONCERNANT L'APPROVISIONNEMENT EN EAU PAR DESSALEMENT DANS LES PAYS DU SUD DE LA MÉDITERRANÉE

Août 2012

Version	Titre du document	Auteur	Révision et validation
1	CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES CONCERNANT L'APPROVISIONNEMENT EN EAU PAR DESSALEMENT DANS LES PAYS DU SUD DE LA MÉDITERRANÉE	Hussein Abazza	Hosny Khordagui, Stavros Damianidis et Vangelis Konstantianos

Acronymes et Abréviations

FAED	Forum Arabe pour l'Environnement et le Développement
AC	Affaires courantes
CAET	Construction-appropriation-exploitation-transfert (BOOT)
OIES	Osmose Inverse d'Eau Saumâtre
ECSED	Évaluation de Coût de Système Énergétique durable
CCEP	Conception de Construction Exploitation en propre
ED	Électrodialyse
APE	Agence de Protection Environnementale
EPA	Environmental Protection Act (Acte de Protection Environnementale)
FAO	Food and Agriculture Organisation (Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture)
CPG	Coopération des Pays du Golfe
PIB	Produit Intérieur Brut
AID	Association Internationale de Dessalement
IPCC	International panel on Climate Change (Groupe d'Experts International sur le Changement Climatique)
kW/h	Kilowatt heure
MDG	Millennium Development Goals (Objectifs du Millénaire pour le Développement)
DME	Distillation multi-effets (MED)
MOAN	Moyen-Orient et Afrique du Nord
MSF	Distillation multistage
m ³	Mètre cube
NEI	Nuclear Energy Institute (Institut de l'Énergie Nucléaire)
VAN	Valeur Actualisée Nette
OECD	Organisation de coopération et de développement économiques
PES	Payment for Ecosystem Services (Paiements des Services pour l'Écosystème)
PPP	Principe de Pollueur - Payeur
PPP	Partenariat Public-Privé
R&D	Recherche et développement
OI	Osmose inverse
PSM	Pays du sud de la Méditerranée
OIEM	Osmose inverse d'eau de mer
TEEB	The Economics of Ecosystem and Biodiversity (L'Économie des Écosystème et de la Biodiversité)
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
ONUE	Organisation des Nations Unies pour l'Enfance
CPU	Coût du Produit à l'Unité
PUP	Principe de l'Utilisateur - Payeur
VC	Compression de Vapeur
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
CAR	Consentement à Recevoir
CAP	Consentement à Payer

Contenu

Acronymes et Abréviations	1
Contenu.....	2
Préface	5
Préambule	6
I. Introduction.....	9
II: Identification et analyse des coûts socioéconomiques et environnementaux de l'approvisionnement en eau par dessalement	10
Coûts d'investissement et d'exploitation	11
Impacts Environnementaux des stations de dessalement.....	13
Expériences acquise par des pays	15
III. Identification et analyse des coûts socioéconomiques et environnementaux des alternatives en efficacité technique et en efficacité de répartition.....	17
Coût des systèmes hydriques alternatifs.....	18
Évaluation de coût de systèmes hydriques alternatifs.....	18
Coût de l'approvisionnement en eau douce	20
Réutilisation de l'eau	22
Coût de l'eau réutilisée.....	23
Efficacité technique et de répartition	24
Réformes de politiques et gouvernance	25
Amélioration de la conformité et de l'application de la législation concernant l'eau	25
Utilisation d'instruments économiques, application de recouvrement intégral de coût de service par efficacité de répartition	25
Investissement dans l'innovation et le développement technologique	26
Éducation et sensibilisation du public	26
Service de recouvrement des coûts	26
Mesures de conservation de l'eau pour les ménages	26
Mesures de conservation de l'eau pour l'irrigation	27
Investissement dans les services écosystémiques	28

Investissement dans l'approvisionnement et l'assainissement d'eau douce	28
Accès à de nouvelles sources (non-traditionnelles) d'eau	28
Production de nourriture et d'énergie supplémentaires avec moins d'eau	29
Eau et énergie.....	29
Réduction d'exportations d'eau virtuelle (riz, coton, sucre de canne, etc.)	29
IV. Examen de l'analyse d'opportunité de l'efficacité du dessalement en opposition avec l'efficacité technique et l'efficacité de répartition	30
Coût de l'approvisionnement en eau par dessalement	30
Coûts et bénéfices de l'approvisionnement en eau par efficacité technique et de répartition	32
V. Lignes directrices concernant la réalisation d'analyses de coût d'opportunité pour le dessalement	37
Coûts et bénéfices de l'approvisionnement en eau par dessalement	37
Coût et bénéfices d'une gouvernance et d'un cadre réglementaire performants	39
Coût d'administration, de contrôle et de garantie de respect des règlements	39
Utilisation d'instruments économiques, application de recouvrement intégral de coût de service par efficacité de répartition	40
Coût de construction et de fonctionnement d'une station de traitement des eaux usées	40
Bénéfices résultant de l'augmentation de la compétitivité et des échanges	40
Bénéfices résultant d'un meilleur accès à l'éducation et aux activités productives	40
Hausse de valeur des terres et de la propriété issue d'un meilleur environnement	41
Bénéfices résultant d'une amélioration sanitaire	41
Bénéfices sociaux sous forme de nombre d'emplois supplémentaires créés.....	41
Réduction de coût d'approvisionnement en eau douce	41
Bénéfices des mesures de conservation de l'eau en secteur agricole	42
Bénéfices résultant de l'économie d'eau virtuelle	42
Les flux financiers génèrent des revenus pour les gouvernements et peuvent, par conséquent, fournir une bonne source de financement des projets concernant l'eau et l'assainissement.....	42
Bénéfices des mesures de conservation de l'eau en secteur domestique.....	42
Bénéfices de la réduction de la consommation en énergie	42
Bénéfices résultant de l'investissement dans les écosystèmes	43
Accès aux coûts et bénéfices de nouvelles sources (non-traditionnelles) d'eau	43
Estimation des coûts et des bénéfices d'investissement en infrastructure hydrique	43
Valeurs économiques de l'environnement	43

VI. Recommandations	50
Références.....	51

Préface

Cette étude est élaborée en vue d'assister les Pays Sud-Méditerranéens (SMC) - Jordanie, Syrie, Liban, Israël, Territoires Palestiniens Occupés, Égypte, Tunisie, Algérie, et Maroc - à examiner les coûts et les avantages de l'approvisionnement en eau par dessalement en opposition à l'efficacité technique et de répartition. Elle propose une analyse de coût d'opportunité de l'approvisionnement en eau de dessalement. Ce faisant, elle prend en compte les différentes mesures pouvant être prises en vue de la réalisation de l'efficacité technique et de répartition avant que de recourir à l'option plus coûteuse d'approvisionnement en eau par dessalement, et fournit une analyse des coûts et des avantages qui lui sont associés. Elle propose aussi un ensemble de lignes directrices et de recommandations en vue de la réalisation d'analyses de coût d'approvisionnement en eau par dessalement.

La cible principale de cette étude est constituée des responsables politiques, des décideurs et des professionnels au sein des SMC. Elle vise à fournir un outil d'orientation pour les responsables politiques et les décideurs, en vue de leur permettre de prendre une décision fondée eu égard aux investissements dans le secteur de l'eau.

Préambule

La sécurité de l'eau constitue une des priorités principales des Pays Sud-Méditerranéens (SMC) avec une consommation en eau par habitant de 1000 m³ bien inférieure à la moyenne mondiale de 6000 m³, et en baisse constante. La rareté de l'eau dans les SMC est encore aggravée par la croissance démographique, l'utilisation inefficace de l'eau tant en zone rurale qu'urbaine, et par le changement climatique. Il est, par conséquent, essentiel pour les pays dans cette sous-région de tenir compte des diverses options disponibles pour faire face aux pénuries actuelles et aux futurs besoins en eau.

Le dessalement de l'eau de mer constitue une solution potentielle pour faire face aux pénuries actuelles et aux futurs besoins en eau dans les SMC. Dans la mesure où le dessalement constitue une alternative coûteuse pour l'approvisionnement en eau, il est essentiel d'examiner soigneusement le coût d'opportunité du dessalement par rapport à l'efficacité technique et de répartition.

L'objectif principal de cette étude est de procéder à une analyse de coût socioéconomique et environnementale d'approvisionnement en eau par dessalement, et de solutions alternatives en fonction de l'efficacité technique et de répartition. Sur la base de cette analyse, l'étude se penche sur le coût d'opportunité du dessalement par rapport à l'efficacité technique et de répartition, et propose des lignes directrices en vue de la réalisation d'une analyse de coût d'opportunité de l'approvisionnement en eau par dessalement. Elle se conclut également par la mise en exergue d'un ensemble de recommandations à prendre en compte en vue de la réalisation d'une telle analyse.

Aux fins de cette étude, il est considéré que la nouvelle communauté hypothétique, devant être approvisionnée de 20.000 m³ d'eau/jour, est située aux abords d'une communauté plus importante de, disons, 500.000 habitants. Afin de fournir 20.000 m³ d'eau douce à la nouvelle communauté, l'étude propose la construction d'une station décentralisée de traitement des eaux usées destinée à alimenter un réseau d'irrigation, livrant ainsi de l'eau douce originellement fournie à des fins agricoles en vue d'approvisionnement en eau douce de ménages appartenant à la nouvelle communauté.

Un taux d'actualisation de 3,5% est appliqué sur une période de 20 ans en vue de l'estimation du flux de coûts et bénéfices de l'approvisionnement en eau par dessalement.

Le dessalement d'eau de mer et d'eaux saumâtres offre une solution à la pénurie d'eau douce. Le coût de l'approvisionnement en eau dessalée est supérieur à celui obtenu par les moyens classiques, ce qui représente une augmentation de la charge financière s'exerçant sur les gouvernements et sur les consommateurs. En outre, dans la mesure où dans la plupart des SMC l'approvisionnement en eau sont subventionnés, les subventions accordées par les gouvernements vont considérablement augmenter en fonction de la hausse générée par le coût de dessalement de l'eau. Alors que le coût d'approvisionnement en eau douce revient à 0,2 US\$ /m³, celui du dessalement se situe entre 0.5 US\$/m³ et 0.8 US\$/m³.

En vue de calculer le coût de dessalement, les coûts en capital initial et d'exploitation sont calculés selon l'osmose inverse d'eau de mer (SWRO) et l'osmose inverse d'eau saumâtre (OIES) et sont respectivement évalués à 5,1 millions d'US\$ et à 1,8 million d'US\$. Le coût d'investissement de construction d'une station est estimé à 30 millions d'US\$ pour le dessalement d'eau de mer et à 12 millions d'US\$ pour le dessalement d'eau saumâtre, selon une étude de Wittholz présentant le coût des stations de dessalement dans le monde.

Étant donné la part importante des coûts d'exploitation attribuable à l'énergie, les coûts directs et ceux, environnementaux, résultants des émissions de CO₂ sont calculés de façon à obtenir le coût total de l'approvisionnement en eau par dessalement. Le rejet de la saumure en mer constitue une incidence environnementale en parallèle à la source d'énergie employée.

L'énergie constitue un facteur important influant sur le coût d'approvisionnement en eau par dessalement. Divers coûts sont calculés selon les diverses sources d'énergie sur la base des coûts directs et des dégradations environnementales occasionnées par les différentes sources d'énergie. Cela constitue non seulement un coût budgétaire direct, mais aussi un coût environnemental indirect

représenté par une augmentation des émissions de CO₂. Indépendamment de leurs impacts négatifs sur la santé, les émissions de CO₂ contribuent au changement climatique, avec ses effets négatifs sur l'élévation du niveau des mers, la vie marine côtière, les zones humides, les mangroves, les forêts, la biodiversité et la désertification. Les stations à SWRO rejettent de la saumure dans la mer. La forte salinité de la saumure en eaux calmes à faible courant s'est avérée préjudiciable à la biodiversité marine. Les dégradations environnementales résultant de l'approvisionnement en eau par dessalement sont prises en compte dans cette analyse.

Le coût total (VAN en appliquant un taux de 3,5% sur une période de 20 ans) d'un approvisionnement de 20.000 m³/jour en eau dessalée à une communauté hypothétique est estimé, pour la SWRO, à 203,5 millions d'US\$ en utilisant du fuel comme source principale d'énergie et à 91 millions d'US\$ en utilisant du charbon. Pour la OIES, les chiffres s'élèvent à 167 millions et à 55 millions d'US\$ pour le fuel et le charbon respectivement. Ces estimations sont calculées sur la base des prix américains de l'énergie.

Étant donné le coût élevé et le potentiel de dégradation environnementale élevés relatifs à l'approvisionnement en eau par dessalement, il est essentiel de tirer le parti maximal du potentiel d'approvisionnement en eau par efficacité technique et de répartition avant que de recourir au dessalement.

Les coûts et avantages socioéconomiques de l'efficacité technique et de répartition comprennent un éventail de mesures et de politiques. Les coûts et avantages sont calculés, pour chaque mesure de politique, sur la base des estimations des coûts associés et des avantages potentiels à l'application d'une approche par transfert d'avantages. Les mesures concernant l'efficacité technique et de répartition comprennent les politiques liées à la bonne gouvernance, les réformes réglementaires, et les incitations fondées sur le marché. Les mesures matérielles comprennent l'investissement dans le traitement des eaux usées, l'investissement dans la conservation des écosystèmes, la capture et le stockage de l'eau, les programmes de conservation de l'eau, et les techniques d'irrigation d'économie d'eau.

Le coût de la station est estimé se situer entre 4 et 6 millions d'US\$. Le coût d'exploitation est estimé entre 0,10 et 0,19 US\$/m³ en fonction du type de technologie employée. Une marge de 0,2 US\$ est introduite dans les calculs en vue de tenir compte de l'augmentation prévue des coûts du travail et de l'énergie.

Le coût des programmes de conservation de l'eau comprenant l'installation d'équipements et de systèmes dans les bâtiments (475 millions d'US\$), ainsi que d'un équipement d'irrigation efficace et économe (311 millions d'US\$) est estimé et inclus dans le coût total. Les économies résultant de conservations de l'eau en bâtiments et en agriculture sont estimées atteindre des économies en eau de 10 à 20% et de 40 à 80% respectivement. Elles sont estimées générer des gains annuels d'environ 17 et 66 millions d'US\$ respectivement. Ces économies d'eau sont assimilées à des bénéfices résultant d'efficacité technique et de répartition.

On estime que, de façon générale, environ 15% de la consommation totale en énergie est attribuable au secteur de l'eau. L'efficacité en matière d'utilisation de l'eau devrait se traduire par des économies d'énergie. De 5% à 10% par m³ d'eau produit sont consacrés à l'énergie. Une économie de 5% en consommation d'énergie devrait se traduire par une économie de 5,5 millions d'US\$ par an.

D'autres avantages comprennent un accroissement de productivité et de rendement dans le secteur agricole compris entre 20% et 30%, estimé à 80 millions d'US\$ par an. L'investissement en infrastructure de captage de l'eau et de recharge d'aquifères naturels, et l'entretien des canalisations sont estimés et inclus dans l'analyse. Aux fins de cette étude, une estimation chiffrée, s'élevant au montant approximatif de 22 millions d'US\$, a été calculée sur la base de 20% du coût estimé de l'approvisionnement en eau. Ces mesures sont supposées être susceptibles de se traduire par environ 15% d'augmentation de l'approvisionnement et sont assimilées à des bénéfices à hauteur de 17 millions d'US\$ par an.

Le coût de la gouvernance et de la mise en place d'un cadre réglementaire sont calculés sur la base des heures-personne nécessaires à l'élaboration de règlements et à la révision des dispositifs institutionnels et des conventions collectives. L'efficacité dans l'utilisation de ressources en eau résultant d'une meilleure gouvernance et d'un cadre réglementaire, devrait se traduire par 10% d'économie de consommation d'eau, estimée à 11 millions d'US\$ par an.

Des données empiriques indiquent que l'amélioration de la qualité de l'eau et de l'assainissement se traduit par une augmentation d'environ 2% du PIB. Ceci est principalement dû à une productivité accrue de la force de travail, à une augmentation du temps consacré à l'activité productive grâce à l'économie de temps réalisée sur la corvée d'eau, à la réduction de l'incidence de maladie, de frais médicaux, de baisse du taux de mortalité. En se fondant sur leur PIB moyen, les SMC réaliseront un bénéfice de 77 millions d'US\$ par an.

Les économies dans la quantité d'eau attribuée à l'agriculture grâce à une sélection de cultures économes en eau sont saisies dans l'estimation des avantages issus de l'efficacité technique et de répartition. Ceci est illustré par la quantité d'eau économisée grâce à l'exploitation de cultures à faible besoin en eau et à l'importation de cultures à fort besoin en eau, d'une valeur estimée à 208 millions d'US\$ par an.

Le coût total (VAN en appliquant un taux de 3,5% sur une période de 20 ans) d'un approvisionnement de 20.000 m³/jour en eau au moyen de l'efficacité technique et de répartition pour une communauté hypothétique est estimé à 1,638 milliard d'US\$. Les bénéfices totaux sont estimées à 5,760 milliards d'US\$.

L'analyse du coût d'opportunité du dessalement par rapport à celui de l'efficacité technique et de répartition, révèle, par conséquent, qu'il est plus rentable et beaucoup plus avantageux d'opter d'abord pour l'efficacité technique et de répartition en vue d'approvisionnement en eau. L'approvisionnement en eau par dessalement ne devrait être adopté qu'une fois atteinte l'efficacité technique et de répartition.

Les lignes directrices se rapportant à la réalisation d'analyses de coût d'opportunité du chapitre consacré au dessalement, fournissent un aperçu des étapes à prendre en compte en vue de calculer le coût d'opportunité de l'approvisionnement au moyen de cette option. Les lignes directrices identifient et proposent des moyens de calcul du coût du manque à gagner et du coût d'option pour le dessalement en opposition à l'efficacité technique et de répartition.

Le chapitre des recommandations met en exergue les facteurs à prendre en considération dans la comptabilisation des coûts et des avantages dans la réalisation d'analyses de coût d'opportunité en matière d'approvisionnement en eau par dessalement. En dehors du coût d'investissement et de fonctionnement de l'approvisionnement en eau, les impacts sanitaires et environnementaux du dessalement ainsi que de l'efficacité technique et de répartition devraient être estimés et pris en compte. D'autres facteurs comprenant le coût des installations de stockage et de recyclage, les mesures d'économie d'eau dans les secteurs de l'agriculture et des ménages, les avantages résultant de l'exploitation de culture à faible besoin en eau et de l'importation de cultures à fort besoin en eau, les emplois créés en conséquence de l'utilisation efficace des ressources en eau et de leur répartition en vue de soutenir les activités économiques, devraient aussi être considérés comme des avantages procédant de l'efficacité technique et de répartition.

I. Introduction

Les Pays Sud-Méditerranéens (SMC's) sont situés dans une contrée aride et sont caractérisés par des ressources en eau raréfiées. Ils peuvent être considérés comme l'un des groupes de pays les plus défavorisés en disponibilité en eau dans le monde. On estime que ces pays détiennent moins de 1% de l'eau douce renouvelable du globe. Les réserves d'eau dans la région diminuent à un rythme accéléré. On estime qu'elles ont chuté d'un tiers par rapport aux niveaux de 1960 et qu'avec les modes de consommations actuels et les politiques en matière de ressources en eau existantes, elles seront réduites de moitié d'ici à 2050. Ces estimations ne tiennent cependant pas compte d'une réduction potentielle de la pluviométrie due au changement climatique. La moyenne annuelle de quantité d'eau disponible par habitant dans la plupart de ces pays est estimée à environ 1000 m³. Ce chiffre se situe en deçà des critères des Nations Unies concernant la rareté de l'eau. On prévoit que ce chiffre atteindra les 460 m³ d'ici 2023. (Tolba, M. and Saab, N. 2008).

En outre, un certain nombre de ces pays, tels que l'Égypte, la Jordanie, les Territoires Palestiniens et la Syrie, dépendent de ressources en eau situées en dehors de leurs territoires (Jägerskog, 2007). La grave pénurie d'eau sévissant dans ces pays et leur dépendance hydrique au delà de leurs frontières requièrent une coopération régionale destinée à mieux gérer cette pénurie de ressources.

Ce qui aggrave le problème de l'eau dans ces contrées, c'est la croissance démographique, une des plus élevées dans le monde. Le changement climatique exerce également un impact négatif sur la disponibilité des ressources en eau. De surcroît, les modèles actuels de développement et de production et les modes de consommation ont un impact négatif sur les ressources en eau. Les modèles actuels de développement adoptés par la plupart des SMC ne sont pas orientés vers une utilisation efficace des ressources, en particulier en eau et en énergie. L'activité principale dans la plupart de ces pays est l'agriculture, qui, dans de nombreux cas, consomme plus de 80% des ressources en eau et se caractérise pourtant par l'inefficacité dans leur utilisation. D'autre part, le tourisme constitue un autre secteur où l'eau n'est pas utilisée de façon rationnelle (Moustakbal, 2009). Le recouvrement des coûts de prestation de services des eaux dans les SMC ne comprend pas le recouvrement intégral du coût d'approvisionnement en eau. Il en résulte une mauvaise répartition et une utilisation inefficace des ressources. Cela n'encourage pas non plus la conservation ni l'apport de projets d'infrastructures hydriques efficaces. En outre, le secteur de l'eau est caractérisé, dans ces pays, par une faiblesse des institutions et des structures de gouvernance (Jägerskog, 2007).

Afin de remédier à cette pénurie d'eau, les moyens alternatifs d'approvisionnement en eau sont recherchés. Ce sont soit le dessalement, soit l'accroissement d'efficacité technique et de répartition, soit la découverte de sources d'eau jusqu'alors inusitées.

Cela inclut ce qui suit:

- Les eaux usées résultant de l'usage domestique ou qualifiées d'eaux grises, peuvent être, dans certains cas, réutilisées.
- L'eau recyclée est l'eau usée ayant subi un traitement à partir de matières solides et pouvant être utilisées principalement pour irrigation. Elle peut aussi être utilisée comme eau potable si elle est traitée correctement et utilisée après avoir été déversée dans une étendue d'eau.

Bien que le recyclage de l'eau soit un marché en pleine expansion, le dessalement s'est emparé d'une part plus importante du marché. La capacité en eau réutilisée devrait augmenter, passant de 19,4 millions de m³/j en 2005 à 54,4 millions de m³/j en 2015. Seimens estime qu'aussi bien l'eau réutilisée que celle dessalée vont passer de 48 millions de m³/jour en 2006 à 158 millions de m³/jour en 2016 (Seimens, 2008).

L'efficacité dans l'utilisation et la répartition de ressources en eau résultant d'une meilleure gouvernance et d'un cadre réglementaire, devrait se traduire par une disponibilité en eau douce plus importante. Ces mesures impliquent l'utilisation d'un système rigoureux de surveillance, de conformité et de sanctions appuyant ce cadre juridique. L'accent devrait être mis sur le point de vue de la demande en eau plutôt que sur celui de l'approvisionnement. Les mesures d'incitation destinées

à améliorer l'efficacité et la réduction du gaspillage de l'eau devraient être promues. L'accent devrait être mis sur une utilisation efficace de l'eau dans le secteur agricole dans la mesure où plus de 75% de l'eau disponible dans les SMC est utilisée par ce secteur. L'emploi de systèmes d'irrigation économes en eau et l'exploitation de cultures à faible besoin en eau peut contribuer efficacement à une utilisation rationnelle de l'eau par le secteur agricole et aboutir à des économies d'eau significatives.

Le dessalement est en croissance dans la région. L'Algérie, l'Égypte et Israël comptent parmi les utilisateurs les plus importants d'eau dessalée des SMC sélectionnés dans cette étude. Au cours de la prochaine décennie, l'eau dessalée devrait représenter une part croissante de l'approvisionnement en eau dans la région. La construction de seize méga-stations d'une capacité variant de 100.000 m³/jour à 500.000 m³/jour a fait du dessalement en Algérie un des marchés à la croissance la plus rapide au monde. L'Algérie vise à disposer d'un total de 2.570.000 m³/jour de production d'eau douce à partir de la SWRO.

En général les coûts d'exploitation tant pour les stations de SWRO que de OIES résident principalement dans l'énergie électrique. On estime que 44% des coûts d'une installation en Osmose Inverse résident dans l'énergie (Semiat, 2001) et, dans la mesure où l'eau dessalée est consommatrice d'énergie, l'empreinte carbone constitue la préoccupation principale liée à cette industrie. Les stations de dessalement sont donc gourmandes en énergie et se traduisent par un niveau élevé d'émissions. La dégradation de l'environnement est ainsi associée au type d'énergie utilisée pour procéder au dessalement. De surcroît, une des préoccupations principales concernant les stations de SWRO réside dans les impacts négatifs exercés sur la biodiversité marine en raison des rejets de saumure dans la mer, en particulier dans les eaux à faible courants.

Il convient de noter que l'approvisionnement en eau par dessalement ne devrait être envisagé que si tous les autres moyens d'approvisionnement ont été épuisés. La raison en étant le caractère onéreux du dessalement et ses impacts négatifs sur l'environnement.

Le dessalement est un concept vieilli et il a été utilisé durant près d'un siècle, son importance n'a cependant jamais été plus sérieuse. Il est toutefois important de considérer cette option dans le long terme si elle devait être finalement adoptée. Et ce, pour en réduire les coûts, sa forte dépendance aux carburants fossiles en tant que source principale d'énergie, et éviter toute dégradation potentielle de l'environnement résultant du dessalement. Ces facteurs méritent, par conséquent, d'être sérieusement pris en compte, conçus et chiffrés, avant de recourir à l'alternative la plus coûteuse de l'approvisionnement en eau par dessalement.

En vue de décider de la solution la plus rentable et viable d'approvisionnement en eau, une analyse de coût d'opportunité recouvrant les implications socioéconomiques et environnementales de l'approvisionnement en eau par dessalement devrait être réalisée. Pour conduire cette analyse, les coûts socioéconomiques et environnementaux de l'approvisionnement en eau par efficacité technique et de répartition devront être pris en compte et examinés en concurrence avec la première option. Fondés sur un examen approfondi de la littérature et de l'expérience acquise dans des pays du monde entier, les facteurs à prendre en compte dans l'analyse ont été dénombrés et chiffrés.

Les lignes directrices concernant la réalisation d'analyses de coût d'opportunité en matière de dessalement fournit aux décideurs politiques ainsi qu'aux professionnels un outil permettant de réaliser une analyse de coût d'opportunité et de prendre une décision fondée de sélection de la meilleure option en conséquence.

II: Identification et analyse des coûts socioéconomiques et environnementaux de l'approvisionnement en eau par dessalement

L'eau dessalée ne représente, globalement, qu'un très faible pourcentage de l'approvisionnement en eau. Elle est, cependant, de plus en plus reconnue comme un moyen important d'approvisionnement en eau, en particulier dans les pays dépendant principalement de la pluviométrie, comme c'est le cas de la plupart des SMC. Les changements survenus dans les conditions climatiques ont conduit à des

sécheresses sans précédent et suscité la nécessité de moyens innovants d'approvisionnement en eau. Il existe, à ce jour, plus de 15.000 stations de dessalement, alimentant en eau potable aussi bien les centres urbains que les zones rurales.

Ce chapitre se propose d'identifier les coûts socioéconomiques et environnementaux potentiels de l'approvisionnement en eau par dessalement fondés sur les données disponibles, des études précédentes, et des expériences acquises par les pays. Les informations issues de ce sous-chapitre seront utilisées en vue d'estimation de coûts socioéconomiques et environnementaux d'un approvisionnement de 20.000 m³/jour destiné à une communauté hypothétique, étant rapportée dans cette étude au chapitre IV.

Il existe plusieurs facteurs concourant au coût d'une station de dessalement. La première partie de ce chapitre mettra l'accent sur les coûts d'investissement et d'exploitation d'une station de dessalement, ainsi que de sa maintenance, grâce à l'utilisation de la base de données des coûts de stations existantes, en tenant compte de leur situation géographique et des coûts de main-d'œuvre. La partie suivante se penche sur les coûts énergétiques et les externalités environnementales liés à l'utilisation de carburants fossiles pour le fonctionnement des stations de dessalement en opposition avec les énergies renouvelables telles que solaire et le nucléaire. La dernière partie du sous-chapitre apportera un bref aperçu de l'expérience en matière de dessalement acquise par les pays.

Coût d'investissement et d'exploitation

En vue de procéder à l'estimation des coûts associés à la construction et à l'exploitation d'une station de dessalement, une base de données s'étendant sur une période de plus de 35 ans, recouvrant les coûts d'investissement et d'exploitation, la conception préliminaire et la faisabilité, et des offres en provenance du monde entier a été prise en compte. Les données comprennent des informations concernant l'emplacement de la station, la technologie utilisée, sa capacité de production, et le type d'eau à traiter. Les coûts d'investissement incluent les coûts d'installation et fonciers, de travaux publics ainsi que leur amortissement. Les coûts d'exploitation incluent les coûts en produits chimiques, en besoins énergétiques, en pièces de rechange, d'entretien et de main-d'œuvre. La base de données comprend 331 installations à technologies variées et une analyse des coûts harmonisée, en particulier pour les stations ayant déclaré des coûts différents selon différents chercheurs. D'autre part, étant donné que la base de données recouvre la période s'étalant de 1970 à 2005, les calculs de valeur actualisée ont été effectués et les devises ajustées en vue de correspondre à la valeur du dollar US en 2005.

Le coût du produit à l'unité (CPU) pour une station de dessalement peut être calculé sur la base de la formule ci-dessous. En supposant une durée de vie de vingt ans, l'équation est la suivante:

$$\frac{\text{Capital cost}}{\text{Plant life}} + \frac{\text{Annual operating cost}}{\text{Plant capacity} \times \text{Plant Availability}}$$

Les données empiriques indiquent que le coût de dessalement est en baisse au cours des trois dernières décennies. En 1980, l'CPU se situait entre 4,5 et 1,5 \$, tandis qu'en 2005, il variait de 2 à 0,5 \$ au m³. Cette tendance s'est poursuivie pour atteindre aujourd'hui les prix unitaires actuels situés entre 1 et 0,5 \$. Si nous supposons un CPU moyen de 0,7 US\$/m³, le coût d'investissement initial s'élèverait alors à 5,1 millions d'US\$ pour notre communauté hypothétique. Toutefois, dans la plupart des circonstances, cela peut ne pas être le cas. Les coûts d'investissement varient considérablement, quels que soient les coûts d'exploitation. Les stations utilisant les mêmes technologies, type d'alimentation en eau et gabarit, peuvent encore présenter des coûts d'investissement différents, allant de 72 à 307 millions d'US\$ (Wittholz, 2007).

Plusieurs études, menées en vue de faciliter la détermination de la technologie la moins onéreuse à utiliser, ont pris en compte les coûts moyens des frais fixes et de ceux d'exploitation d'une station. Les coûts d'exploitation tant pour la OIES que pour la SWRO y étaient légèrement plus élevés que ceux des procédés thermiques de dessalement. D'un autre côté, cependant, les coûts énergétiques relatifs à la distillation éclair multi-étapes (MSF) et à la distillation à effets multiples (MED) y étaient

significativement plus élevés. Pour l'osmose inverse, des études ont montré que, sur la totalité des facteurs de coût, 63% correspondait à des coûts d'exploitation dont au moins 44% étaient constitués du coût énergétique. Des recherches indiquent que le procédé de dessalement le moins onéreux pour l'eau de mer est la SWRO et, pour l'intérieur des terres, la OIES (Wittholz 2007).

Tableau 1: Synthèse des coûts de différentes technologies pour 4 capacités différentes

	Capaciti (m ³ /j)	Coût d'investissement (US\$X10 ⁶)	CPU (US\$)
SWRO	10.000	20,1	0,95
	50.000	74,0	0,70
	275.000	293,0	0,50
	500.000	476,7	0,45
OIES	10.000	8,1	0,38
	50.000	26,5	0,25
	275.000	93,5	0,16
	500.000	145,4	0,14
Source (Wittholz, 2007)			
MSF	10.000	48,0	1,97
	50.000	149,5	1,23
	275.000	498,1	0,74
	500.000	759,6	0,62
MED	10.000	28,5	1,17
	50.000	108,4	0,89
	275.000	446,7	0,67
	500.000	734,0	0,60

Le coût d'investissement et l'CPU concernant les diverses capacités des stations selon différentes technologies sont mis en évidence dans le tableau 1. Ceux-ci ont été calculés sur la base des corrélations et de la ventilation des coûts pour chaque station.

Le coût de remplacement de l'approvisionnement en eau existant par de l'eau dessalée s'élève approximativement à 0,45 US\$ ± 0,23 US\$ (Wittholz, 2007). L'une des principales préoccupations concernant l'approvisionnement en eau par dessalement réside dans les besoins élevés en énergie lui étant associés. Une augmentation, par exemple, du coût de l'électricité de 0,10 à 0,15 US\$/kWh pourrait potentiellement accroître l'CPU de 17,5%.

La partie suivante du chapitre examine les différentes sources d'énergie utilisées par les stations de dessalement et leurs impacts environnementaux et sociaux.

En général les coûts d'exploitation tant pour les stations de SWRO que de OIES résident principalement dans l'énergie électrique. Comme indiqué plus haut, on estime que 44% des coûts d'une station à RO sont consacrés à l'énergie (Semiat, 2001), d'autres estimations avancent jusqu'à 87% (Zhou, 2004). La ventilation des coûts dépend largement des caractéristiques de chaque station particulière, rendant difficile l'élaboration d'un modèle générique. La part de pourcentage des coûts énergétiques relative aux coûts globaux de production est examinée dans une étude réalisée par Wilf, dans laquelle il évalue l'CPU énergétique dans les stations à RO. Un doublement du coût de l'électricité pourrait entraîner une augmentation de l'CPU de plus de 50% pour une station à RO, tandis qu'une autre pourrait aboutir à un CPU tout à fait différent. Cela signifie simplement que même si l'énergie nécessaire à l'exploitation de deux stations de dessalement différentes est égale, des coûts énergétiques différents changeront l'CPU pour chaque station, mettant seulement en évidence la difficulté à déterminer un modèle générique clair (Wilf, 2001).

La situation géographique d'une station de dessalement constitue un autre facteur devant être pris en considération. La proximité entre la source d'eau et la zone de destination d'approvisionnement, qu'elle soit urbaine ou industrielle, n'importe pas seule, mais aussi les aspects foncier et de main-d'œuvre. Un pays où tant le terrain que la main-d'œuvre sont bon marché est susceptible de produire une eau beaucoup moins chère qu'un pays où les facteurs de productions sont plus élevés. Cependant, une étude menée par Park et coll. Montre que la situation géographique de la station n'a

que très peu d'effet observable sur le coût de l'eau. Cela implique que les données concernant les coûts en provenance du monde entier peuvent être appliquées à toute situation géographique sans variation importante dans le résultat final (Wittholz, 2007). Cela est dû aux coûts relatifs et au poids accordé à l'énergie et à l'investissement par rapport aux aspects foncier et de main-d'œuvre.

L'augmentation du montant des subventions à payer par les gouvernements dans l'hypothèse du maintien du même niveau de tarification de l'eau, constitue une autre conséquence financière liée à l'approvisionnement en eau par dessalement. Le coût moyen de l'approvisionnement en eau pour les SMC descend jusqu'à 0,1 US\$/m³, rendant très onéreux les 0,7 US\$/m³ du dessalement.

Impacts Environnementaux des stations de dessalement

En dehors de coûts d'investissement et d'exploitation élevés représentés par le taux élevé de consommation d'énergie lors du processus de dessalement, le niveau excessif d'émissions de CO₂ résultant de la combustion des combustibles fossiles constitue l'une des préoccupations principales. Les coûts liés à l'augmentation des émissions de CO₂ comprennent les impacts négatifs sur le climat, se traduisant par le réchauffement et les variations des conditions climatiques, causant une élévation du niveau des mers touchant les zones côtières de la plupart des SMC, et l'inondation de basses-terres telles que le delta du Nil en Égypte. Outre les dégradations environnementales, des implications sociales comprennent la relocalisation des populations, les pertes d'emploi et les impacts sanitaires négatifs. Les implications économiques comprennent les impacts sur les activités économiques telles que les cultures agricoles, la pêche et le tourisme.

Dans la mesure où l'eau dessalée est énergivore, l'empreinte carbone constitue la préoccupation principale associée à cette industrie. L'empreinte carbone des stations de cogénération pour les stations à MSF se situe entre 10 et 20 kg de CO₂/m³ et à MED entre 11,2-19,6 kg de CO₂/m³. Pour les stations thermiques à vocation unique, l'empreinte est beaucoup plus importante si la chaleur résiduelle n'est pas correctement gérée. Pour les centrales électriques, l'empreinte se situe entre 0,5 et 0,8 kg de CO₂/kwh selon le type de carburant utilisé (Sommariva, 2010).

Les besoins élevés en énergie des stations de dessalement constituent le choix de la source d'énergie comme important. Si des combustibles fossiles sont utilisés en tant que source d'énergie primaire, se sont alors à la fois des gaz à effet de serre tels que le CO₂, et des gaz générateurs de pluies acides tels que les NO_x et SO_x, qui sont émis dans l'atmosphère. Le tableau 2 présente les estimations d'émission de CO₂ et de coût énergétique par source, calculées sur la base de besoins énergétiques moyens de 6,09 kWh/m³ pour une station de dessalement. Ce chiffre a été obtenu à partir d'une base de données contenant les taux de besoins énergétiques d'environ 330 stations de dessalement. La consommation d'énergie y variait de 3 à 36 kWh/m³.

Tableau 2: Besoins énergétiques et émissions d'une station de dessalement par RO

	Charbon	Ptrole	Gaz naturel	Nuclaire	Solaire	Iolienne
Besoin nergitiq e/ m³	6,09 kWh/m ³	6,09 kWh/m ³	6,09 kWh/m ³	kWh/m ³	kWh/m ³	kWh/m ³
Emission s de CO₂ /m³	5481 g	3775 g	2253 g	18 g	0g	0g
Coûts/m³*	3,23	21,56	4,51	2,19	15	8,7

*(Prix US 2011 NEI)

Comme indiqué précédemment, l'impact le plus significatif sur l'environnement s'exerce à travers les émissions de gaz à effet de serre issues des combustibles fossiles alimentant la station. En Israël, par exemple, la station moyenne nécessite de 3,7 à 4,5 kWh au m³ d'électricité, portant l'externalité environnementale relative en dessous de la moyenne de 6,09 kWh/m³. Afin d'évaluer le coût d'émission nocive de NO_x et de SO₂, l'Évaluation de Coût Européenne en vue de Systèmes Énergétiques Durable (ECSED) est utilisée aux fins de cette étude, dans la mesure où il s'agit des seules données disponibles. Cette étude fournit les coûts de pollution mesurés en termes de tonnes d'émissions pour chaque pays de l'Union européenne ainsi que dans des pays voisins (Becker et coll., 2010). Les coûts incluent des simulations concernant le climat, la densité de population et des études épidémiologiques reliant les concentrations de polluants aux taux de morbidité et de mortalité.

Le recours aux stations de dessalement en vue de satisfaire aux besoins en eau douce doit être soigneusement pesé en comparaison avec les impacts négatifs liés aux émissions de CO₂. C'est pourquoi il est essentiel que les moyens alternatifs d'approvisionnement en eau par efficacité technique et de répartition aient été épuisés avant de se lancer dans des stations de dessalement utilisant des combustibles fossiles comme source énergétique principale.

La totalité des implications environnementales résultant de l'approvisionnement de 20.000 m³/jour en eau douce d'une communauté hypothétique serait d'autant plus difficile à estimer en terme précis que la situation géographique de la station n'est pas spécifiée. En outre, les chiffres issus de l'étude de la ECSED ne considèrent pas l'externalité négative dans son ensemble mais tiennent seulement compte de la pollution atmosphérique.

Tableau 3: Externalités relatives à la pollution atmosphérique issue de dessalement

	Coût de pollution /tonnes émises (\$/tonnes)	Émissions moyenne en cours de production d'électricité (gramme/kWh)	Coûts d'émission/kWh produit (cents/kWh)	Coûts d'émission/m³ d'eau dessalée (cents/m³)
SO₂	6,468	1,6	1,03	4,40
NO_x	3,746	1,7	0,64	2,71
PM₁₀	9,232	0,05	0,05	0,20
CO₂	19,39	707	1,37	5,83
Total				13,13

Source, (Becker et coll., 2010)

Le tableau 3 présente les externalités de pollution atmosphérique issues de dessalement pour chaque polluant, calculées en cents US. Le coût total a été estimé à environ 0,13 US\$ au m³. Ce chiffre reflète les coûts environnementaux sur la base de la ECSED et devrait être ajouté à l'CPU de dessalement en vue d'internaliser les externalités environnementales (Becker et coll., 2010).

La pollution atmosphérique, et par conséquent le CO₂, étant les principales incidences environnementales du dessalement, les stations ne tiennent pas compte des rejets de saumure, tant dans le processus de SWRO que dans celui de OIES. Même si les incidences environnementales des eaux usées issues de stations de dessalement n'ont pas été suffisamment étudiées, il est toutefois reconnu que les rejets de saumure ont un impact négatif sur la vie marine. Dans le rapport de 2007 de la Banque mondiale, il a été spécifié qu'il y a eu un impact négatif des rejets de saumure, de chlore, de particules métalliques, d'hydrocarbures volatils, et d'agents anti-moussants et antitartre sur

l'environnement marin. Les processus de RO permettent l'utilisation de gaz en vue d'évaporation de la saumure dans les chambres éclair, ce qui accroît les émissions de CO₂ résultant de la libération d'autres gaz atmosphériques tels que l'O₂ et le N₂. Plus la mer est fermée ou plus les courants sont faibles et plus les impacts environnementaux sont nuisibles. L'accumulation de la saumure dans les zones maritimes fermées peut dégrader l'écosystème. Dans le cas de l'eau saumâtre, le rejet de saumure est soit épandu sur les terres, soit laissé s'égoutter sur le sol, soit pompé dans des bassins solaires en vue d'évaporation. Ces options ne sont pas durables. L'excès de sel ou de salinité perturbe l'écosystème et génère des zones plus arides dans le cas des stations de dessalement implantées dans les terres. Ces externalités doivent être internalisées en vue de calculer le coût réel d'une station de dessalement. Cela peut être mené à bien grâce à des ajustements de prix ou à l'utilisation de sources d'énergies renouvelables moins dommageables pour l'environnement. Cela requiert l'internalisation des coûts externes, en vue de refléter l'CPU réel d'une station de dessalement.

Comme on peut le voir dans le tableau 4, les facteurs affectant l'environnement ne se limitent pas aux émissions et aux rejets de saumures. Pour ce qui est des stations à RO, la pollution sonore est considérée comme élevée. D'autres facteurs, tels que les oligo-éléments, les risques industriels et les matériaux toxiques doivent être pris en compte pour leurs incidences sur l'environnement.

Qualitative Overview of Environmental Impacts of Three Desalination Technologies

Effect/type of plant	RO	MSF	E.D.
Noise	H	M	L
Water effluent	M	H	M
Microelements	L	H	L
Toxic material	M	H	M
Air pollution	L	H	M
Industrial risk	L	H	M

Note: H = high, M = medium, L = low.

Source Banque Mondiale, 2009 – Tableau 4

Le nombre d'emplois créés à la suite de l'installation d'une station de dessalement constitue un autre aspect à prendre en compte. Comme nous le verrons ci-dessous, la station située en Australie a occupé, par exemple, environ 1700 ouvriers du bâtiment, avec des salaires moyens beaucoup plus élevés que partout ailleurs dans le pays. La construction d'une station de dessalement, comme pour toute structure, conduira essentiellement à multiplier les emplois dans le secteur de la construction et en vue de l'exploitation de la station. Il se traduira aussi par une augmentation de l'emploi dans d'autres secteurs en raison de la disponibilité accrue en eau pouvant être utilisée à l'appui d'activités dans d'autres secteurs tels que l'agriculture, l'industrie et le tourisme. En outre, une activité économique accrue générera des revenus et contribuera à la croissance du PIB.

Expériences acquise par des pays

Un certain nombre de stations ont été construites dans les SMC Israël est l'un des pays de la région ayant connu plusieurs périodes de sécheresse au cours des deux dernières décennies, ce qui a conduit à des pénuries d'eau atteignant des niveaux approximatifs de 520 millions de m³/an. Les pénuries d'eau en Israël ont principalement été résolues grâce au dessalement. La production totale d'eau dessalée en Israël est approximativement de 300 millions de m³ par an. Ils sont obtenus à l'aide de gaz naturel ou de charbon, avec des incidences négatives sur l'environnement. Plusieurs stations de dessalement ont été construites en Israël, dont une à Tel Aviv. Les coûts liés à la construction d'une station sont énumérés dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5: Cas de test pour Tel Aviv

Volume en Mm³	100
Investissement, M. d'US\$	300
Capital, US\$/m³	0,17
Inergie, US\$/m³	0,26
F&M, US\$/m³	0,20
Total, US\$/m³	0,63

Source: (Moatty, 2000)

L'indice 0,63 US\$ /m³ inscrit au tableau représente le coût d'approvisionnement en eau par dessalement en 2003 (Moatty, 2000). En 2012, le coût de l'approvisionnement en eau dessalée est tombé à 0,5 US\$/m³. Les coûts d'investissement sont compris dans l'CPU basé sur une station produisant 50 millions de m³/an avec un amortissement sur 20 ans et un taux d'intérêt de 7%.

En 2005, Israël a construit une station à Ashkelon, dotée d'un potentiel de 100 millions de m³ par an. En parallèle avec la station de Palmachim, elles produisent environ 8% de la ressource en eau totale du pays. Ce pourcentage est prévu d'augmenter de 30% en 2020. La ville côtière de Hadera accueillera une station qui produira 127 millions de m³ par an ou environ 347.000 m³ par jour. Cette grande station compensera les sécheresses sévissant en Israël à hauteur de 20% de ses besoins domestiques. Le coût estimatif de la station s'élève à 425 millions d'US\$, pour un coût unitaire de 0,57 US\$ au m³ avec une consommation de 450 gigawatts par an en vue de son fonctionnement (Rabinovitch, 2011).

Les projets de dessalement sont importants en nombre mais le plus souvent réduits en gabarit. Il existe réellement très peu d'usines de dessalement à grande échelle, et celles qui existent adoptent la technique la plus efficace, mais gourmande en énergie, de la RO. On en trouve un exemple en Algérie. La construction de seize méga-stations d'une capacité variant de 100.000 à 500.000 m³/jour a fait du dessalement en Algérie un des marchés à la croissance la plus rapide au monde. L'Algérie vise à disposer d'un total de 2.570.000 m³/jour de production d'eau douce issue de la SWRO. Sa capacité de dessalement réelle actuelle est approximativement de 1.462.000 m³/jour, ce qui inclut les SWRO et OIES ainsi que l'utilisation de technologies de MSF, de compression de vapeur (VC) et d'électrodialyse (ED) (Drouiche et coll., 2011).

Comme indiqué plus haut, une des principales préoccupations liées aux stations de dessalement réside dans ses besoins importants en énergie. La station de dessalement de Kwinana, par exemple, assure approximativement 17% des besoins en eau de l'Australie, tout en exigeant environ 50% d'énergie supplémentaire par rapport à une station de traitement des eaux (Knights, 2006). Cela devient de plus en plus problématique avec plus de 85% des besoins énergétiques de l'Australie satisfaits par des centrales électriques au charbon. Le reste est assuré grâce au gaz ou à l'hydroélectricité (Knights, 2006). Cela a soulevé un certain nombre de préoccupations avec le développement des stations de dessalement. Des modes de production d'énergie renouvelable sont recherchés en vue de remédier à ce problème. Des plans de construction de stations alimentées à l'énergie solaire, éolienne ou géothermique ont été dressés (Heimbuch, 2009).

L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre ne sont pas la seule externalité négative causée par les stations de dessalement. Les stations situées tant à l'intérieur des terres que sur le littoral charrient leurs propres inconvénients environnementaux. Des considérations lourdes de conséquences pour l'écosystème et la société doivent être prises en compte avant que toute station soit installée. En Australie, dans le cadre de l'Acte pour la Protection de l'Environnement (EPA), toutes les considérations requises sont accordées avant que de procéder à l'installation d'une structure. Les stations situées sur le littoral imposent un lourd fardeau à la faune marine si elles ne sont pas construites en respect de directives strictes en vue d'éviter les dégradations de l'écosystème marin.

Les directives et les restrictions telles que définies par l'EPA australien paraissent tout à fait exhaustives. Elles prévoient même les migrations de main-d'œuvre et l'indemnisation des propriétaires fonciers. Les propriétaires fonciers dont les terres ont été utilisées pour l'implantation de stations de dessalement à l'intérieur des terres ont été dédommagés et de nouveaux emplois et moyens de subsistance ont été créés (Gouvernement de l'État de Victoria, Département du Développement durable et de l'Environnement).

Étant donné les coûts socioéconomiques et environnementaux élevés de l'approvisionnement en eau par dessalement, un certain nombre de mesures doivent d'abord être prises en compte avant que d'y recourir. Ces mesures sont examinées plus en détails dans le chapitre III et comprennent ce qui suit:

- Prendre les mesures nécessaires à la réduction des fuites en réseau hydraulique.
- Des mesures devraient être prises en vue de réduction du coût de cycle de vie de l'eau.
- Introduction de mesures incitatives et réglementaires destinées à encourager l'économie et l'efficacité dans l'utilisation de l'eau.
- Renforcer le rôle de l'industrie privée dans l'industrie du dessalement.
- Transposer le rôle du gouvernement de façon à ce qu'il se concentre sur la réglementation de l'approvisionnement en eau plutôt que sur son exploitation.
- Investir en R&D, en se focalisant sur l'innovation et le développement technologique.
- Calculer le coût en augmentation de coûts de transport, de stockage et de distribution de stations plus importantes dans des endroits plus éloignés, par rapport à ceux de stations plus réduites proches des zones urbaines.
- Dans de nombreux cas, des stations de dessalement plus réduites constituent des options plus faciles à réaliser en raison d'une limitation des coûts de transport et des fuites, d'un courtement du calendrier de mise en œuvre et d'une sécurité de l'eau assurée par le nombre des stations, dont le gabarit réduit rend la gestion plus efficace.
- Dans la mesure où le dessalement est énergivore, l'énergie solaire devrait être envisagée pour les projets de dessalement. Les avantages qui en découlent, comprennent la réduction d'émissions de CO₂ et les effets positifs sur la santé et l'environnement qui en résultent.
- Des incitations à l'investissement dans la production de composants clé de l'industrie de dessalement devraient être proposées aux entrepreneurs locaux. Le recours à des entrepreneurs fournissant les stations pour produire la technologie au niveau local constitue un moyen d'y parvenir.

Le dessalement est un concept ancien, exploité depuis près d'un siècle. Il est cependant important de ne considérer cette option que lorsque toutes les alternatives potentielles ont été examinées et épuisées, en gardant à l'esprit l'objectif à long terme. Si on y a finalement recours, et après que toutes les autres options ont été épuisées, les coûts doivent en être abattus, de même que la forte dépendance envers les combustibles fossiles en tant que source énergétique principale. Les dégâts environnementaux résultant du dessalement doivent être évités.

III. Identification et analyse des coûts socioéconomiques et environnementaux des alternatives en efficacité technique et en efficacité de répartition.

Ce chapitre se propose d'identifier les coûts socioéconomiques et environnementaux potentiels de l'approvisionnement en eau par efficacité technique et de répartition, fondés sur les données disponibles, des études précédentes, et des expériences acquises par les pays. Les informations ressortant de ce chapitre seront utilisées en vue d'estimation de coûts socioéconomiques et

environnementaux d'un approvisionnement de 20.000 m³/jour destiné à une communauté hypothétique étant rapportée dans cette étude au chapitre IV.

Coût des systèmes hydriques alternatifs

En général, le coût de l'approvisionnement en eau devrait être réduit grâce aux progrès technologiques, l'amélioration de la gestion de l'information et, par conséquent, de la performance et de l'efficacité énergétique. Les technologies vertes, les systèmes élaborés naturellement, utilisant la végétation et le sol pour capter et purifier l'eau, et la gestion intégrée de l'eau et de paiement des services écosystémiques, peuvent contribuer à une meilleure répartition et à une utilisation efficace des ressources en eau, évitant ainsi la construction de nouvelles structures et installations de traitement.

Une mauvaise gestion peut entraîner une hausse inutile des coûts due à un emplacement inapproprié de la station nécessitant le transport de l'eau sur de longues distances, une utilisation accrue d'énergie et des coûts correspondants. Elle peut également conduire à un tarissement des nappes phréatiques et à la dégradation de leur qualité, obligeant ainsi les gouvernements à en subventionner l'exploitation.

Évaluation de coût de systèmes hydriques alternatifs

Selon une analyse réalisée par Marsden Jacob Associates (2006) pour les villes australiennes, il a été observé que les emplacements favorables aux systèmes alternatifs d'approvisionnement en eau présentent le coût le plus faible. Sur des emplacements défavorables, il atteignait jusqu'à 3,00 US\$/km; là où l'eau doit être distribuée sur de longues distances les coûts de canalisations et de pompage augmentent. Pour ce qui est de la réutilisation des eaux usées, la distance sur laquelle l'eau doit être distribuée affecte le coût total de l'approvisionnement en eau, il est plus rentable de fournir les installations de traitement des eaux usées à proximité des usagers potentiels, qu'il s'agisse d'usage domestique, agricole ou industriel.

On estime que le coût des systèmes de recouvrement représente 80% et plus des coûts totaux du système. C'est pourquoi il est essentiel, dans ces systèmes, que les économies d'échelle soient réalisées. Il est donc plus onéreux d'installer des stations d'épuration en position centrale. Selon Marsden Jacob Associates (2006), les stations de traitement situées à distance peuvent coûter aussi cher, voire être plus onéreuses que les stations de dessalement. Selon le Rocky Mountain Institute (2004), les stations d'épuration décentralisées ne requièrent pas d'investissement majeur, réduisant d'autant la charge financière revenant aux usagers. Dans le cas de systèmes décentralisés, les coûts de transaction sont cependant plus élevés. Opération également plus risquée pour les prêteurs, le coût d'investissement peut en être plus élevé que dans le cas des stations centralisées.

Une infrastructure et un réaménagement distincts sont nécessaires en vue de recyclage de l'eau. On estime que le coût de prestation de ce réseau en France correspond à environ 20.000 euros pour un bâtiment public. Ce coût est inférieur pour une habitation individuelle. D'autres coûts se rapportent à l'entretien, au fonctionnement et à la surveillance. Les avantages de cette alternative résident dans une moindre nocivité pour l'environnement, dans la mesure où elle réduit les rejets d'eaux usées en milieux aquatiques et terrestres. Pour ce qui est de la période de retour sur investissement, elle est comprise, en France, selon Michel le Sommer, entre 15 et 20 ans, quand le prix moyen de l'eau s'élève à 3 euros/m³.

Les règlements affectent la période de retour sur investissement, car elle dépend du type de spécifications de normes de qualité de l'eau fixées par le régulateur. Elle dépend aussi du niveau de tarification de l'eau et de la mesure dans laquelle les externalités environnementales se reflètent dans les redevances liées aux rejets d'eaux usées.

Hiessl (2005) compare les coûts de trois options dans deux villes allemandes jusqu'en 2050. Les trois options consistaient en un système centralisé, une réutilisation municipale et un recyclage. Les technologies innovantes, ainsi que les aspects organisationnels, étaient pris en compte dans cette

analyse. La première alternative consistait en l'option centralisée, tandis que les seconde et troisième options correspondaient à la décentralisation. Les trois alternatives ont été évaluées en fonction de 44 critères recouvrant les aspects écologiques, sociaux et économiques. Les conclusions indiquent que l'option de recyclage était la meilleure.

La position géographique spécifique où les services des eaux sont fournis déterminera s'il est plus rentable d'opter pour une installation hydrique décentralisée ou centralisée. Il a été généralement admis que dans les zones urbaines importantes l'option centralisée est préférée. Pour ce qui est des centres suburbains ou industriels, les installations hydriques décentralisées ont été considérées les plus viables (Freedman and Hotchkies, 2007).

Le tableau 6 présente les avantages et les inconvénients de l'approvisionnement en eau au moyen d'une installation hydrique centralisée et décentralisée.

Tableau 6: Certains avantages et inconvénients d'une variété de modes d'approvisionnement en eau

	Eau douce	Source d'eau alternative
Infrastructure centrale	Avantages <ul style="list-style-type: none"> · Effets d'échelle · Prestations de services uniformes · Solidarité financière au niveau municipal Inconvénients <ul style="list-style-type: none"> · Un certain nombre d'externalités négatives (environnementales, financières) · Forte intensité capitaliste et échec à attraction de capitaux privés 	Avantages <ul style="list-style-type: none"> · Externalités environnementales positives (ressource, rejet d'eaux usées) · Solidarité financière au niveau municipal Inconvénients <ul style="list-style-type: none"> · Onéreux (plusieurs réseaux) · Forte intensité énergétique
Infrastructure décentralisée	Avantages <ul style="list-style-type: none"> · Moins de fuites sur le réseau et moins d'énergie utilisée pour le transport de l'eau · Consommation réduite en énergie · Souple et résistant · Coûts d'investissement reportés et réduits Inconvénients <ul style="list-style-type: none"> · Nécessité de raccordements supplémentaires en vue de fiabilité d'approvisionnement · Prestations de service inégales au sein de la municipalité · Systèmes de contrôle inadaptés 	Avantages <ul style="list-style-type: none"> · Externalités environnementales positives (ressource, rejet d'eaux usées) · Consommation réduite en énergie · Souple et résistant · Coûts d'investissement reportés et réduits Inconvénients <ul style="list-style-type: none"> · Susceptible d'exploiter de nouvelles sources financières · Problèmes sanitaires liés à la réutilisation comme eau potable · Remise en question de la pertinence une fois l'infrastructure en place · Effet d'échelle · Prestations de service inégales au sein de la municipalité · Systèmes de contrôle et de réglementation inadaptés

Les modes alternatifs d'approvisionnement apparaissent en bleu clair.

Source: *Alternative Ways of Providing Water, Emerging Options and Their Policy Implications*, OECD, 2007-2008.

Il convient de souligner que la participation du public est essentielle lorsqu'il s'agit de décider des diverses options d'approvisionnement en eau. Il est important que le public accepte d'utiliser de l'eau recyclée. Dans de nombreux cas, l'expérience montre qu'il existe des réticences envers cette option. Cela a progressivement changé, dans des pays tels que l'Australie, Singapour, les États Unis d'Amérique (USA) et l'Europe en général, où la réutilisation indirecte d'eau potable alimentant des étendues d'eau suivie de sa distribution via le réseau d'eau potable a été employée (Marsdon Jacob Associates, 2006). L'utilisation directe n'est en général pas acceptée, même si des mesures de qualité strictes sont appliquées, comme c'est le cas à Singapour.

Le service de récupération d'eau peut encourager d'autres marchés de systèmes hydriques. Le recouvrement intégral des coûts d'approvisionnement et la taxation de rejet d'eaux usées destinés à refléter le coût réel en jeu ou à plafonner les quantités et les niveaux de pollution peuvent raccourcir la période de retour sur investissement d'options alternatives (OECD, 2008).

La mesure dans laquelle les eaux usées sont utilisées dépend du prix fixé pour celles récupérées, ainsi que pour celles directement potables. Plus le coût de l'eau récupérée est élevé, plus le potentiel de réutilisation des eaux usées est faible. Et plus le prix de l'eau douce est bas plus le potentiel de réutilisation ou de récupération des eaux est faible (Yang, 2007).

Coût de l'approvisionnement en eau douce

Dans le calcul des coûts de l'approvisionnement en eau par des systèmes centralisés et décentralisés, des considérations socioéconomiques ainsi qu'environnementales devraient être prises en compte. Ces coûts varient d'un pays à l'autre en fonction du coût de la main-d'œuvre, de la disponibilité en compétences et connaissances locales, et de l'étendue des dégradations de l'environnement. Le chapitre suivant fournit un bref aperçu de la situation dans certains pays.

Le tableau 7 présente les tarifications moyennes pour les utilisateurs dans un certain nombre de villes à travers le monde.

Tableau 7: Tarification moyenne pour l'utilisateur (US\$/m3)

Londres	Philadelphie	Istanbul	Johannesburg	Japon	Singapour
3,2	1,9	1,8	0,7	2,5	1,3
Damas	Djeddah	Tunisie	Égypte	Bésil Campinas	Mexique État de Guanajuato
0,08	0,01	0,7	0,9	0,3	0,4

Sources: Base de données d'entreprise publique (March 2006, Ministry of Internal Affairs and Communication, Japon); Tunisie, Londres, Berlin, Damas, et Djeddah (rapports nationaux); Singapour (tableau de tarification estimé par le site web PUB); autres pays (Water Supply and Sanitation Working Notes No. 9, May 2006).

Notes: La tarification moyenne de Singapour est estimée sur la base de la structure tarifaire du site web PUB. La tarification japonaise de l'eau et des eaux usées sont réunies en vue de comparaison au niveau international de certaines hypothèses.

En *Égypte*, les dépenses consacrées au service des eaux, y compris les coûts d'investissement et d'entretien, sont supportées par le gouvernement. Le recouvrement de coûts de service des eaux est inférieur aux normes internationales, et donc hautement générateur de dettes pour le secteur. Au cours des deux dernières décennies, le pourcentage de financement consacré à de nouveaux investissements en opposition au fonctionnement et à la maintenance, et au service de la dette s'est accru. En vue de permettre le financement des services hydriques en Égypte, le gouvernement a identifié un certain nombre d'options. La première consiste à augmenter les redevances en eau. La seconde consiste à réduire les coûts de transaction et de fonctionnement grâce à la décentralisation et à l'efficacité. La troisième consiste à encourager la privatisation du secteur de l'eau. La tendance

générale en Égypte est à l'approvisionnement principalement assuré par les compagnies des eaux.

Les coûts d'investissement et d'exploitation de l'approvisionnement en eau en Égypte se situent entre 0,8 et 1 LE au m³. Les usagers du réseau paient un tarif moyen de 0,15 LE correspondant à 20% des coûts de traitement et d'approvisionnement. Les subventions concernant l'eau sont estimées se situer, en Égypte, entre 3 et 4 milliards de LE par an.

La Tunisie est un des pays aux ressources les plus rares dans la région. La consommation y est de 500 m³ par habitant et est supposée chuter à 360 m³ d'ici à 2030. Le gouvernement fait construire des barrages et des installations de stockage en vue de gérer les ressources en eau, y compris les eaux souterraines. Celles-ci sont inégalement réparties entre les différentes régions, avec environ 81% concentrées dans le nord, 11% dans le centre de la Tunisie, opposées aux 8% du sud du pays. Certaines de ces ressources en eau sont transfrontalières, partageant un certain nombre de cours d'eau le long des frontières algériennes. La principale ressource en eau souterraine est située dans le bassin côtier de Djefara, partagé avec la Libye, ainsi que l'aquifère du nord-ouest du Sahara, partagé avec l'Algérie.

Pour faire face au problème de rareté de l'eau, la Tunisie a fait appel à des moyens alternatifs pour en produire. Cela comprend la réutilisation des eaux usées traitées, la recharge artificielle des aquifères souterrains, et le dessalement aussi bien de l'eau saumâtre que de l'eau de mer. La Tunisie réutilise les eaux usées traitées à un usage agricole depuis les années 70. Elle utilise encore l'eau traitée pour entretenir un écosystème de zone humide important. Elle est considérée atteindre l'un des taux les plus élevés de réutilisation dans le monde. Le système est toutefois lourdement subventionné.

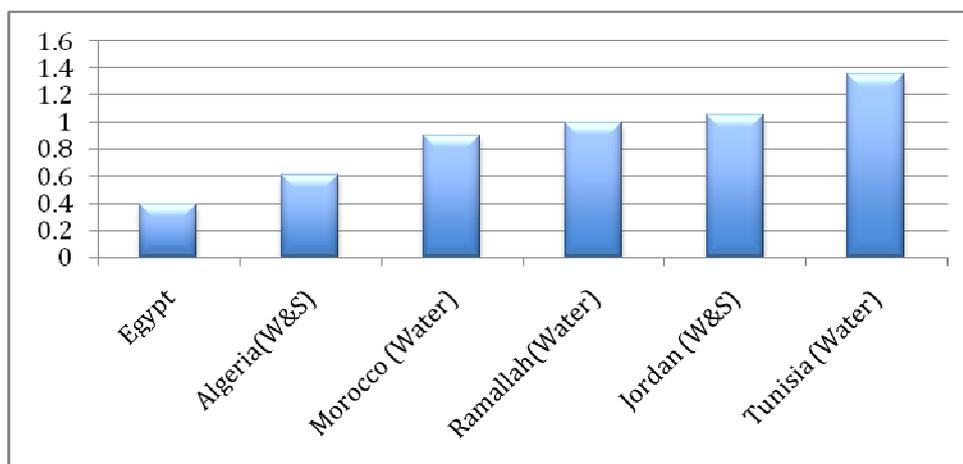
Le dessalement a commencé en Tunisie en 1983, avec un approvisionnement de 58.800 m³/jour par l'autorité nationale. Le secteur privé est aussi impliqué dans le dessalement, principalement pour le tourisme, l'industrie, et les cultures agricoles à valeur élevée. La technologie principale employée est la RO. Le gouvernement projette d'en augmenter la capacité de 50 millions de m³/jour d'ici à 2030. Cela s'ajoute à la recharge artificielle des aquifères et à la construction de barrages de rétention de l'eau en périodes pluvieuses, ce qui est prévu augmenter la ressource en eau de 200 millions de m³ d'ici à 2030.

En outre, depuis 1980, la Tunisie a adopté des mesures de conservation de l'eau dans le secteur agricole. Cela s'est traduit par une baisse de la consommation à l'hectare de 6.200 m³/ha en 1990 à environ 5.500 m³/ha en 2005. Le programme National de Conservation de l'Eau d'Irrigation a été lancé en 1995 en vue d'utiliser les ressources en eau de façon plus efficace et de maximiser les retombées économiques du secteur agricole. Des systèmes d'économie d'eau, tels que les systèmes d'arrosage automatique, d'irrigation par gravitation, et de micro-irrigation ont été introduits. Cela a amené le gouvernement à accorder des subventions aux exploitations agricoles pour un montant compris entre 40% et 60% du coût du programme.

Il est évident que le pays doit conserver ses ressources en eau restreintes et accéder à une efficacité maximale dans l'utilisation et la répartition des ressources. Impliquer les usagers dans les plans de gestion en vue de la conservation et de l'utilisation des ressources en eau est supposé améliorer l'efficacité et l'efficience des mesures proposées (Jagannathan, Mohamed, Kremer, 2009).

La figure 1 ci-dessous indique le recouvrement des coûts pour un certain nombre de pays de la région.

Figure 1: Approvisionnement en eau et Assainissement: Recouvrement des coûts (%)



Source: World Bank Cross- Country data (2003-2004)

Réutilisation de l'eau

Le traitement des eaux usées est de plus en plus reconnu comme un moyen potentiel d'approvisionnement en eau. En plus de réduire les impacts environnementaux négatifs résultant du rejet des eaux usées dans les cours d'eau, il fournit une source d'eau supplémentaire pouvant être utilisée pour l'irrigation. Il réduit la pression s'exerçant sur les ressources en eau disponibles à usage domestique et la nécessité de recours à des solutions plus onéreuses, telles que le stockage, le transfert et le dessalement.

Le tableau 8 présente les impacts économiques potentiels de la réutilisation des eaux usées.

Tableau 8: Impacts économiques de la réutilisation des eaux usées

Coûts	Bénéfices
Valeur ajoutée de l'eau déplacée (le cas échéant)	Valeur ajoutée par la réutilisation des eaux usées (variant selon les différences de qualité et de fiabilité)
Coût d'opportunité de l'eau réutilisée (le cas échéant)	Utilisation alternative de l'eau déplacée (le cas échéant)
Collecte et traitement des eaux usées, coûts d'élimination finaux	Réduction de dégradation de l'environnement
Transport/stockage de l'eau réutilisée, y compris les pertes en eau (évaporation, fuites) et coûts de réaménagement pour les agriculteurs participant	Recharge aquifère, ou valeur de la réduction de l'épuisement aquifère
Impacts liés à la salinité	Augmentation de valeur de la propriété
Autres pollution (nitrates, métaux lourds, substances toxiques)	Augmentation de rendement des cultures
Coûts sanitaires, d'émanations et de nuisances	Économies d'engrais

Impacts écologiques (coûts d'opportunité de l'eau réutilisée pour un débit minimal ou à d'autres fins)	Valeur des améliorations ou des réformes réalisées dans le secteur de l'eau grâce à la réutilisation de l'eau.
--	--

Source: **Water in the Arab World: Management Perspectives and Innovations: N. Vijay Jagannathan, Ahmed Shawky Mohamed, Alexander Kremer, 2009.**

Il convient, en outre, de prendre en compte les répercussions financières de l'introduction de l'eau réutilisée chez les agriculteurs, dans la mesure où elles peuvent entraîner une réforme du système de tarification en vue de couvrir le coût de traitement des eaux usées. Dans plusieurs SMC, l'eau d'irrigation est fournie quasi gratuitement car elle peut être distribuée directement à partir des étendues d'eau.

Le tableau 9 présente les coûts de collecte, de traitement et de réutilisation des eaux usées dans le monde arabe à partir de sources diverses.

Tableau 9: Coût de collecte, de traitement et de réutilisation des eaux usées

Élément	Coût/m ³ (US\$)	Notes	Sources
Transport jusqu'aux installations de traitement	Hautement variable*		
Traitement secondaire non mécanique	0,10-0,22	Nécessaire pour la réutilisation restreinte	OMS 2005, Shelef 1996, Haruvy 1997, Amami 2005
Traitement secondaire aéré/ à boues activées	0,22-0,27	Obligation de fonds inférieur	Kamizoulis 2003, Shelef 1996, Shelef 1991 Haruvy 1997
Traitement tertiaire (en supplément au secondaire)	0,07-0,18	Nécessaire pour la réutilisation sans restriction	Shelef 1996, Haruvy 1997, Shelef 1994
Distribution	0,05-0,36		Shelef 1994
Total	0,16-0,53		Shelef 1994, Lee 2001

- Coûts issus de sources diverses et n'ayant pas été normalisés pour une année de référence spécifique.

Source: **Water in the Arab World: Management Perspectives and Innovations: N. Vijay Jagannathan, Ahmed Shawky Mohamed, Alexander Kremer, 2009.**

Coût de l'eau réutilisée

Ce sous-chapitre rend brièvement compte de l'expérience en traitement des eaux usées de pays sélectionnés parmi les SMC.

Dans le plan de développement quinquennal de l'*Égypte*, près de 5,55 milliards de LE sont alloués à l'investissement dans le secteur du traitement des eaux usées. Les activités de traitement des eaux usées égyptiennes font partie d'un programme à long terme d'amélioration de la santé publique et de protection de l'environnement. L'étape II de la phase II de la station de traitement des eaux usées de Gabal El-Asfar constitue l'un de ses derniers projets. Le projet vise à recycler 500.000 m³/jour supplémentaires d'eaux usées primaires et secondaires. Le coût estimé du projet situé dans la partie orientale inférieure du Caire et prévu être achevé d'ici à 2014, s'élève à 233,5 millions d'euros. La nouvelle phase du projet profitera à 2,5 millions de personnes s'ajoutant aux 8 millions environ de personnes bénéficiant déjà de l'installation existante. La station de traitement améliorera la qualité de l'eau, ce qui permettra de l'utiliser en vue d'irrigation plutôt que de la rejeter directement dans le

lac Manzala et dans la Méditerranée. (African Development Bank, Gabal El-Asfar Wastewater Treatment Plant- Stage II Phase II project, Country: Egypt, 2009).

Israël a recours à un traitement des eaux usées depuis près de trois décennies dans un effort de répondre à la demande en eau sans recourir à l'option la plus coûteuse du dessalement. Israël est actuellement engagé dans plus de 400 projets de traitement des eaux usées. Ces projets sont pour la plupart subventionnés, pour un montant représentant environ 60% des coûts d'infrastructure. Les prix facturés par le gouvernement pour l'eau réutilisée sont de 20% inférieurs à ceux de l'eau fournie par l'Aqueduc National (Libhaber, 2007). Plus de 80% des eaux usées en Israël sont traitées, ce qui correspond au pourcentage le plus élevé de la région. Étant donné l'expérience acquise par le pays en matière de traitement des eaux usées, il a développé une expertise approfondie dans ce domaine.

Comme mentionné précédemment, la **Jordanie** est un des pays les plus démunis en eau de la région, avec environ 150 m³/habitant/an (FAO, 2006). Elle est aussi caractérisée par le taux d'épuisement des eaux souterraines le plus élevé. En dépit de la rareté de l'eau dans la région, la récupération d'eau ne représente que 10% du total de l'approvisionnement en eau en Jordanie. Il existe trois types d'eaux réutilisées en Jordanie, par utilisation directe ou planifiée, non planifiée dans les oueds, par utilisation indirecte après mélange avec l'eau d'approvisionnement (McCornick et coll., 2001). Les règlements relatifs aux eaux usées, instaurés depuis 1998, ont favorisé l'utilisation des eaux usées. Ils comprennent des mesures qui prohibent le rejet d'eaux usées et qui les considèrent comme une partie des ressources en eau à récupérer. Il a également été indiqué que les utilisateurs d'eaux usées traitées devraient être facturés (Nazzal et coll., 2000). L'impact négatif du rejet de grandes quantités d'eaux usées dans les cours d'eau de surface en constitue l'un des inconvénients. Ce fut le cas en 1996, avec la station d'épuration d'El-Samra, qui a provoqué une salinité du sol au cours de la saison estivale. La surcharge fonctionnelle de la station, entraînant une baisse de qualité des eaux traitées, constitue un autre problème.

En **Tunisie**, la demande en eaux réutilisées a été à la traîne en dépit d'un puissant soutien gouvernemental (Bahri, 2008b; Benabdallah, 2003; Shetty, 2004). Dans de nombreux cas, les agriculteurs préfèrent utiliser les eaux souterraines pour l'irrigation, même après que l'eau récupérée a été mise à leur disposition. Des préoccupations procèdent des impacts négatifs en termes de salinité accrue du sol. L'incapacité à répondre à la demande en cas de besoin, en raison de l'insuffisance des installations de stockage, constitue un autre problème. Par ailleurs, il n'est pas possible d'utiliser les eaux usées traitées pour les cultures à haute valeur (Bahri 2008b). Cela a amené le gouvernement à fixer, en 1997, la redevance des eaux usées à 0,01 US\$/m³ en dessous de celle de l'eau douce fixée à 0,08 US\$. Cela a encore peu d'impact sur la demande en eaux récupérées (Shetty, 2004 and Bahri, 2008b). Des efforts supplémentaires doivent donc être réalisés du point de vue de la demande en eau récupérée en Tunisie (Bahri 2008b).

Un ensemble de recommandations émane de l'expérience de ces pays:

- Les projets de traitement des eaux usées doivent s'assurer de l'existence d'une demande avant construction, afin d'éviter une sous-activité.
- Dans la mesure où le recouvrement intégral des coûts est improbable, il est important de s'assurer de la disponibilité de fonds destinés à subventionner le déficit.
- Ces mesures devraient être prises avant que de se lancer dans un traitement des rejets, dans la mesure où la conservation de l'eau et la gestion de la demande constituent le coût le plus effectif.
- La coordination entre les diverses entités compétentes devrait être maintenue. Cela inclut, en dehors de la compagnie des eaux, l'assainissement, la municipalité, l'agriculture et d'autres utilisateurs potentiels (Jagannathan, Mohamed, Kremer, 2009).

Effacité technique et de répartition

Le Groupe de Ressources en eau 2030, dans son analyse des besoins en eau par rapport à l'approvisionnement, a prévu que, d'ici à 2030, la demande en eau en excèdera l'approvisionnement

de 40%. L'introduction de mesures de productivité en eau devrait être conclue à environ 20% de cet écart. D'autres mesures, telles que des projets de construction de barrages et de dessalement et une augmentation du recyclage sont supposées en couvrir 20% supplémentaires. Le solde de 60% devrait procéder d'investissements accrus en infrastructure, de réformes en politiques concernant l'eau et d'une amélioration de l'efficacité hydrique.

Ce sous-chapitre examine l'ensemble des mesures proposées visant à assurer l'efficacité technique et de répartition dans le secteur de l'eau. Les coûts et bénéfices résultant de ces interventions sont estimés et comptabilisés au chapitre IV, proposant une analyse du coût d'opportunité du dessalement par rapport à l'efficacité technique et à l'efficacité de répartition.

Réformes de politiques et gouvernance

Le Groupe de Ressources en eau 2030 (2010) estime qu'avec des réformes de politiques et de gouvernance, le montant global des fonds devant être investis dans le secteur de l'eau peut être réduit d'un facteur quatre. L'absence de soutien politique fort et de structure de gouvernance solide constitue un obstacle à l'investissement dans le secteur de l'eau (Global Water Partnership, 2009a). Il est de plus en plus reconnu que les structures de gouvernance efficaces offrent la solution la moins coûteuse à l'utilisation et à la répartition efficace de l'eau (Ménard and Saleth, 2010). La question des droits fonciers et ceux concernant l'eau y est liée. Des droits de propriété foncière et concernant l'eau sans équivoque encouragent l'investissement dans des projets d'infrastructures hydriques et une utilisation rationnelle des ressources en eau.

Amélioration de la conformité et de l'application de la législation concernant l'eau

Les règlements constituent un des outils politiques principaux de régulation des activités dans les différents secteurs. Des réglementations concernant l'eau adéquates doivent être mises en place pour encourager l'utilisation efficace de l'eau ainsi que celle de sources d'eau non conventionnelles. Dans de nombreux cas les pays manquent, par exemple, de règlements incluant l'eau récupérée au chapitre des ressources en eau (Jimenez and Asano, 2008). Le contrôle et la garantie du respect de la loi impliquent cependant des coûts et sont, dans de nombreux cas, difficiles à gérer, en particulier dans les pays en développement. Ceci est encore plus sensible dans les pays à gouvernance fragilisée, comme c'est le cas de la plupart des SMC. Instaurer une législation est une bonne chose mais, avec des institutions et des structures de gouvernance fragiles, le contrôle, l'application et l'imposition de sanctions envers les parties contrevenantes ferait défaut.

Utilisation d'instruments économiques, application de recouvrement intégral de coût de service par efficacité de répartition

Il y a eu reconnaissance accrue, ces deux dernières décennies, de l'importance de l'utilisation d'instruments économiques pour atteindre des objectifs environnementaux. Bien que les instruments économiques puissent être utilisés en tant qu'outils pour générer des revenus, cela ne devrait pas être l'objectif principal. Les incitations commerciales devraient être utilisées pour modifier les comportements et les modes de consommation et de production vers des modèles plus viables. Ils pourraient constituer des outils efficaces pour concrétiser le Principe de pollueur - Payeur (PPP) et le Principe de l'Utilisateur - Payeur (PUP). Alors que le premier est destiné à encourager les pollueurs à éviter ou du moins à réduire la pollution résultant de leurs activités, le dernier conduit à un recouvrement intégral des coûts d'approvisionnement en eau. L'utilisation d'instruments économiques devrait être conçue en vue d'assumer, à terme, le coût intégral de la production d'eau, y compris des externalités environnementales et sociales résultant du cycle de vie complet de production de l'eau. Les instruments économiques devraient être conçus pour compléter les réglementations et traiter les questions environnementales, sociales et économiques.

Les instruments économiques incluent les taxes, les subventions, les redevances et les droits. D'autres instruments comprennent les paiements pour services écosystémiques (PSE), les systèmes d'accréditation et de certification axés sur le consommateur, le négoce de permis de pollution et de droits d'accès à l'eau. Les paiements pour services écosystémiques peuvent aussi bien être financés

par le gouvernement que par l'utilisateur. L'expérience montre que ceux financés et gérés par les utilisateurs d'eau sont plus efficaces (Pagiola and Patais 2007).

Les systèmes d'attribution de droits et de répartition ont aussi été utilisés dans plusieurs pays et ont abouti à une utilisation rationnelle de l'eau et à des gains économiques. Dans le cadre d'un système de droit foncier solide, des administrateurs achètent et vendent des titres à des fins environnementales. En Oregon, aux États Unis, cette pratique par laquelle la fiducie pour l'eau achète de l'eau aux agriculteurs et l'utilise en vue de protéger l'écosystème de bassin, a été mise en place depuis 1993 (Neuman and Chapman 1999).

Investissement dans l'innovation et le développement technologique

À l'exception d'Israël, la plupart des SMC attribuent de maigres ressources au R&D. Des ressources financières adéquates devraient être accordées à la recherche et au développement dans le secteur de l'eau pour en développer et améliorer les technologies et les équipements. Les SMC devraient progressivement passer d'un mode comptant essentiellement sur des technologies et des équipements hydriques extérieurs, à ceux développés localement. Cela permettrait non seulement de fournir des technologies économes en eau convenant mieux aux SMC, et de réduire les coûts en conséquence, mais aussi de créer des débouchés commerciaux pour des pays de la région.

Éducation et sensibilisation du public

Les campagnes d'éducation et de sensibilisation jouent un rôle important dans l'évolution des modes de consommation vers des pratiques plus viables. Cela vaut pour les ménages, les agriculteurs, les industriels et le secteur public lui-même. Les efforts visant à promouvoir l'efficacité dans la distribution et l'utilisation de l'eau devraient être accompagnés par une campagne d'éducation et de sensibilisation à long terme concernant la nécessité de réduire le gaspillage de l'eau et de promouvoir des pratiques plus efficaces. Ces campagnes devraient être conçues pour cibler les différentes parties prenantes. Cela est nécessaire pour jauger l'intérêt des divers utilisateurs et encourager leur mise à contribution, et appuyer la mise en œuvre des politiques et des mesures proposées par le gouvernement et visant à optimiser l'utilisation des ressources en eau pour les générations futures. L'intégration de la gestion durable de l'eau dans les programmes d'enseignement apportera les dimensions nécessaires à tous les niveaux pour soutenir une gestion efficace et durable du secteur de l'eau.

Service de recouvrement des coûts

Lors de la détermination d'un prix de l'eau, il est suggéré que, dans les situations où l'eau se fait rare, celui-ci soit fixé au coût marginal de l'unité de volume d'eau suivante (Beato and Vives 2010). La redevance la plus efficace est celle égale au coût marginal, à savoir le coût d'approvisionnement de l'unité de volume d'eau suivante. Le coût unitaire baisse en proportion du volume d'eau fourni. Mais le coût d'approvisionnement de l'unité de volume d'eau suivante est inférieur au coût moyen d'approvisionnement. Si les redevances d'eau sont fixées au coût marginal, les recettes perçues ne suffiront pas à couvrir les coûts moyens. Dans ce cas, les redevances doivent être fixées au-dessus du coût moyen (Beato and Vives 2010).

Une attention particulière devrait être accordée lors de la détermination des redevances d'eau pour les nécessiteux et les communautés défavorisées. Certains pays utilisent un système de subventions croisées pour fournir de l'eau à des tarifs abordables pour les démunis. Par ailleurs, des pays comme l'Indonésie fixent des redevances différentes selon les divers groupes de revenus. Elle charge les groupes à revenu élevé au-dessus du coût d'approvisionnement en eau et utilise cette marge pour couvrir le coût d'approvisionnement en eau des démunis (UNEP, 2011).

Mesures de conservation de l'eau pour les ménages

Les mesures de conservation de l'eau sont des mesures conduisant à une réduction de consommation et de déperdition d'eau. De telles mesures devraient se traduire également par la préservation de la

qualité de l'eau. Cela peut être obtenu grâce à l'amélioration des techniques et des pratiques de gestion de l'eau aboutissant à une utilisation rationnelle de l'eau et à la réduction, voire à la minimisation, des déperditions d'eau.

Les objectifs des mesures de conservation visent à assurer ce qui suit:

- La durabilité des ressources en eau, en termes de disponibilité pour les générations présentes et futures. L'usage et le pompage de l'eau ne devrait pas excéder son rythme de renouvellement.
- La conservation de l'énergie, dans la mesure où l'on estime que, dans certaines régions du monde, plus de 15% de la consommation d'énergie est attribuable à la gestion de l'eau.
- La réduction de consommation d'eau, réduisant d'autant la nécessité de construction d'infrastructures hydrauliques.
- La préservation de l'écosystème et des conditions d'habitat qu'il offre aux populations autochtones et aux variétés de plantes.

Les mesures de gestion de l'eau incluent l'utilisation d'un système de mesure. Au Canada, par exemple, un tel système est utilisé pour couvrir environ 61% de ménages canadiens (Environment Canada, 2005). Selon l'Agence de Protection Environnementale américaine, l'introduction d'un système de mesure réduit la consommation de 20 à 40% (EPA, 2010). D'autres mesures comprennent des équipements sanitaires, robinets, douches et toilettes, économiseurs d'eau. On estime par exemple que l'utilisation de pommes de douche classiques consomme environ 100 litres en cinq minutes comparé à 35 litres en utilisant des pommes de douche économes en eau. L'utilisation de différents types de robinets économiseurs d'eau peuvent économiser jusqu'à 50% d'eau au cours du lavage des mains. D'autres mesures de conservation de l'eau consistent à utiliser de l'eau salée ou recyclée pour l'approvisionnement des chasses d'eau de toilettes ou l'arrosage des jardins. Ces mesures peuvent également être introduites dans les bâtiments publics, notamment les écoles, les hôpitaux ainsi que les bureaux publics et privés (FAED, 2010). L'introduction d'équipement économiseur d'eau aux États Unis a rapporté avoir conduit à des économies se situant entre 6% et 14% de la demande en eau (Mysiak, Fo, 2012).

Mesures de conservation de l'eau pour l'irrigation

Cependant, dans la mesure où l'essentiel de la consommation est imputable au secteur agricole, les mesures de conservation de l'eau devraient mettre l'accent sur ce secteur. Ceci est particulièrement important, en ce que les SMC sont supposés augmenter leurs activités agricoles en vue de répondre à l'accroissement de la demande en nourriture. L'efficacité dans l'utilisation de l'eau en agriculture signifie la réduction d'évaporation, le drainage de surface, sans impact négatif sur la production ni la productivité. De fait, une utilisation améliorée et plus rationnelle de l'eau devrait augmenter la productivité. La pratique d'irrigation prédominante dans les SMC est l'irrigation par inondation. On estime que la micro-irrigation économise de 40% à 80% de la consommation en eau. Sans l'appui du gouvernement, cependant, le passage à des techniques d'irrigations plus efficaces et économes en eau sera difficile (FAED, 2010).

Hormis l'approvisionnement des populations en nourriture nécessaire, des pratiques efficaces et plus durables dans le secteur agricole contribueront à réduire la facture d'importation ainsi que les subventions versées par la plupart des gouvernements de la région pour les produits alimentaires de base. Porter l'approvisionnement en eau au delà de la consommation humaine permettra l'acheminement de l'eau en vue de soutien d'activités telles que l'agriculture, l'industrie et le tourisme.

Il est essentiel d'établir le juste équilibre entre la sélection du type de culture utilisant la moindre quantité d'eau et celle réalisant la plus haute valeur sur le marché. Cette décision sera fondée sur un certain nombre de facteurs, dont la mesure dans laquelle le prix de l'eau reflète le coût de son approvisionnement. Des recherches indiquent, par ailleurs, que l'utilisation d'eaux traitées pour l'irrigation en compense largement les coûts. Les avantages résident dans une réduction du coût de pompage et dans la quantité d'eau douce économisée (Mysiak, 2012). Dans la plupart des SMC, l'eau

à usage agricole est fournie gratuitement. Cela peut être considéré comme une subvention accordée aux agriculteurs, conduisant à des pratiques d'irrigation inefficaces et au gaspillage. Des études réalisées en Espagne, par exemple, ont montré que les avantages de l'utilisation d'eaux usées en agriculture en ont compensé le coût d'environ 9,5 millions d'euros/an (Heinz, Salgot, Davila, J, 2011).

Investissement dans les services écosystémiques

Comme mentionné précédemment, les écosystèmes hydriques se dégradent rapidement dans de nombreuses régions du monde. Un certain nombre de pays à travers le monde investissent dans les réhabilitations de cours d'eau et dans l'introduction de mesures de réduction de leur dégradation. Le tableau 10 ci-dessous présente une estimation des retours sur investissement dans les écosystèmes.

Tableau 10: Exemple d'avantages et de coûts estimés de projets de réhabilitation de différents biomes

Biome/écosystème	Coût typique de réhabilitation (scénario à coût élevé)	Estimation des avantages financiers annuels de la réhabilitation (scénario à coût moyen)	Valeur nette actualisée des avantages financiers sur 40 ans	Taux de rendement interne	Bénéfice/coût
		US\$/ha	US\$/ha	%	Ratio
Littoral	232.700	73.900	935.400	11%	4,4
Mangroves	2.880	4.290	86.900	40%	26,4
Zones humides intérieures	33.000	14.200	171.300	12%	5,4
Lacs/rivières	4.000	3.800	69.700	27%	15,5

Source: Adapté des TEEB (2009a)

Investissement dans l'approvisionnement et l'assainissement d'eau douce

Le coût de réalisation des Objectifs du Millénaire pour le développement (MDG) est estimé à 142 milliards d'US\$ par an pour l'assainissement et à 42 milliards d'US\$ par an pour l'eau potable (Hutton and Bartram, 2008). En termes de retour sur investissement, Sachs a constaté que le taux de croissance moyen des pays en développement où la plupart des défavorisés ont accès à l'eau potable et à l'assainissement, était de 2,7% plus élevé que celui des pays auxquels ces services font défaut (Sachs, 2001). Une analyse réalisée par Tropp (2010), Ward et coll. (2010), Grey et Sadoff (2007), montre que l'investissement en infrastructures hydriques est nécessaire pour le développement. Comme l'ont soutenu Schreiner et coll. (2010) l'apport de projets hydriques à échelle réduite, tels que des installations de stockage, avec la mise à contribution des communautés locales, constituent, dans de nombreux cas, des solutions efficaces en vue de l'approvisionnement en eau.

Accès à de nouvelles sources (non-traditionnelles) d'eau

Plutôt que de construire de grands barrages en vue de l'approvisionnement en eau, il existe un certain nombre de solutions moins onéreuses. Elles comprennent le captage et le stockage de l'eau de pluie, de la condensation d'eau de nappes de brouillard, de transferts inter-bassins, et de transport de l'eau par canalisations. D'autres solutions incluent le recyclage des eaux usées domestiques. À Singapour, par exemple, les eaux usées domestiques ont été recyclées à un niveau permettant un usage comme eau potable. Il y a, toutefois, une forte réticence des ménages à l'usage des eaux issues du recyclage domestique (Dolnicar and Scahãfer, 2006). Il convient de noter que certaines de ces solutions sont à forte intensité énergétique, ce qui augmente le coût unitaire de production de l'eau. Elles demeurent cependant moins énergivores que le dessalement, dans la mesure où ce dernier constitue la solution la plus gourmande en énergie, atteignant le double de la consommation du recyclage des eaux

domestiques. Dans les deux cas, cependant, la technologie de RO est utilisée (Coté et coll., 2005). Compte tenu du coût de ces solutions, il est moins onéreux d'investir dans des mesures de contrôle de la demande (Beato and Vives, 2010).

Production de nourriture et d'énergie supplémentaires avec moins d'eau

Étant donné que l'agriculture utilise au moins les trois quarts de la consommation en eau, la productivité agricole devrait augmenter en vue de répondre à la demande accrue en eau et en nourriture. Dans de nombreux pays en développement le rendement du maïs est de l'ordre de trois tonnes à l'hectare. Il peut, par exemple, atteindre jusqu'à huit tonnes avec des pratiques culturales améliorées (UNEP, 2011). D'autre part, la question de l'eau virtuelle devrait également être prise en compte dans ce contexte.

Eau et énergie

Il existe une relation étroite entre l'eau et l'énergie. L'eau est nécessaire en tant que fluide de refroidissement des centrales électriques. Aux États Unis, par exemple, environ 40% de l'eau consommée par le secteur industriel est utilisée par les centrales électriques. On prévoit que d'ici 2030, 31% de l'eau à usage industriel sera consacrée aux centrales électriques.

De surcroît, l'eau est encore nécessaire à la prestation de services des eaux et de services sanitaires. De grandes quantités d'énergie sont nécessaires au puisage et au pompage de l'eau sur de longues distances, du fait de sa pesanteur. Le coût d'approvisionnement en eau en vue d'irrigation est relativement élevé par rapport aux retours sur investissement générés par les produits agricoles. Il est essentiel, par conséquent, que les systèmes de traitement et de distribution de l'eau fournie en vue d'activités agricoles, le soient à des tarifs raisonnables, en particulier dans les pays en voie de développement.

Réduction d'exportations d'eau virtuelle (riz, coton, sucre de canne, etc.)

Le besoin en eau des cultures ou l'eau virtuelle ont suscité une attention de plus en plus forte sur les préoccupations croissantes concernant la pénurie d'eau. La question a été débattue dans les contextes du commerce international et de la sécurité alimentaire. Ce devrait être stratégiquement décidé en fonction de la teneur en eau des cultures, quelles que soient les préoccupations des pays par rapport à la sécurité alimentaire et à la nécessité de satisfaire à une demande accrue. Cet argument reste valable qu'il s'agisse de culture exportée ou importée. La question est alors de déterminer le poids qu'un pays doit accorder à la production d'une culture vivrière de base, telles que celles du riz ou du blé, afin d'assurer la sécurité alimentaire par rapport à une importation de ces cultures réduisant d'autant la consommation d'eau. On estime, par exemple, qu'une tonne de riz exige environ 4000 m³ d'eau, et qu'une tonne de blé en consomme environ 1334 m³, tandis qu'une tonne de pommes de terre en utilise environ 255 m³ (FAED, 2011). Avec l'accroissement de la pénurie d'eau, les pays de la région devront optimiser la répartition des ressources en eau disponibles par rapport aux différentes cultures, selon leur teneur en eau et en fonction de leur inclination à dépendre des importations. Développer des cultures à faible besoin en eau et importer celles à fort besoin en eau, contribue à une utilisation rationnelle de l'eau et à accroître la disponibilité hydrique. Le chapitre IV fournit des estimations d'économies réalisées à partir du développement de cultures à faible besoin en eau telles que les pommes de terre, par rapport à d'autres à fort besoin en eau telles que le blé.

La recherche menée jusqu'à présent révèle qu'il n'existe pas de solution simple à la raréfaction de l'eau. Il devient évident que les réponses aux enjeux relatifs à l'eau doivent inclure un ensemble de mesures.

L'accroissement des activités économiques résultant des économies d'eau se traduira par la création d'emplois dans différents secteurs, absorbant ainsi un nombre croissant de chômeurs dans la région. Cela contribuera à une meilleure cohésion et intégration sociale d'un pan plus large de la population dans les activités économiques. L'intégration et la justice sociales sont considérées être deux des préoccupations et raisons essentielles ayant suscité des soulèvements dans un certain nombre des SMC. Créer des emplois pour les chômeurs et tirer un pourcentage plus élevé de la population de

l'extrême pauvreté aboutiront à l'émergence d'un environnement stable et plus prévisible en faveur des investissements et du développement dans les SMC. Le tableau 11 présente les changements prévus dans l'approvisionnement en eau sur la base d'un investissement de 2% du PIB dans le secteur de l'eau, ainsi que la variation de l'emploi.

Tableau 11: 2% du PIB investis dans les secteurs verts

	Unité	2030	2050
Investissement supplémentaire dans le secteur de l'eau	US\$ Md/an	191	311
Eau supplémentaire issue de dessalement	Km ³	27	38
Eau issue d'améliorations de l'efficacité	Km ³	604	1.322
Emploi total dans le secteur de l'eau	M. de personnes	38	43
Évolution de l'emploi total dans le secteur de l'eau par rapport à la BAU 2*	%	-13	-22

*BAU se réfère au scénario de l'Unité d'Analyse de Comportement avec un investissement total supplémentaire de 2% du PIB en fonction des modèles et des tendances actuelles.

IV. Examen de l'analyse d'opportunité de l'efficacité du dessalement en opposition avec l'efficacité technique et l'efficacité de répartition

Coût de l'approvisionnement en eau par dessalement

Le coût d'approvisionnement en eau dessalée a progressivement diminué avec l'avancée des techniques. Comme indiqué précédemment, la technologie la plus employée est celle de la RO. Cela en raison de son efficacité et de sa relative rentabilité. Le coût d'investissement moyen pour une station fournissant 20.000 m³/jour est d'environ 30 millions d'US\$ pour une station côtière et d'environ 12 millions d'US\$ pour une station de dessalement d'eaux saumâtres. Ces chiffres proviennent d'une étude de Wittholz, selon laquelle les coûts pour des stations à SWRO d'une capacité de 10.000 m³/jour et de 50.000 m³/jour, ont été estimés à 20,1 et 74 millions d'US\$ respectivement. Le chiffre de 30 millions d'US\$ est donc utilisé en tant qu'approximation pour une station fournissant 20.000 m³ d'eau. Les coûts d'exploitation en sont estimés à environ 5,1 millions d'US\$ (0.7 x 20,000 x 365) et à 1,8 millions d'US\$ (0.25 x 20,000 x 365) pour la SWRO et la OIES respectivement.

Une part importante des coûts d'exploitation est consacrée à l'énergie. Il en résulte une augmentation du coût d'exploitation ainsi que du coût de dégradation environnementale générée par les émissions de CO₂. Les estimations seront calculées sur la base des différentes sources d'énergie utilisées. Une exigence globale moyenne en énergie de 6,09 kWh/m³ sera utilisée pour une station de dessalement (Wittholz, 2007). Pour chaque source d'énergie, une distinction est établie entre les coûts directs de l'énergie et ceux résultant de la dégradation environnementale potentielle. Les prix utilisés sont ceux fournis par le Nuclear Energy Institute (NEI) aux États Unis. Dans le cas du charbon, par exemple, un montant de 0,032 US\$/ kWh est appliqué, aboutissant à environ 1,42 millions d'US\$

par an en termes de consommation d'énergie ($44.457.000 \times 0,032$; $44.457.00 = 20.000 \text{ m}^3 \times 6,09 \text{ kWh} \times 365$).

Les coûts sont estimés à partir des calculs du ECSED pour les émissions de CO₂ rapportées plus tôt dans cette étude. Dans le cas du charbon, il est estimé que 5481 grammes de CO₂ sont émis par m³ d'eau fourni. En se servant du chiffre estimatif proposé par Becker et coll., (Tableau 3) le coût de dégradation environnementale du CO₂ par gramme est évalué à 0,00001939 (19,39 US\$/1.000.000)*. L'emploi de ce chiffre nous fournira un coût annuel environnemental d'exploitation d'une station de dessalement d'une capacité de 20.000 m³ de 775.325 US\$ ((0,00001939 x 5481) x 20.000 x 365). Les coûts directs et indirects des autres sources d'énergie sont présentés dans le tableau 12 et sont calculés selon la même logique.

Le niveau croissant de subventionnement devant être supporté par le gouvernement en vue de compenser l'augmentation du coût d'approvisionnement en eau dessalée constitue un autre coût indirect à prendre en considération. En Égypte, par exemple, le coût d'approvisionnement en eau revient à 0,166 US\$ dont 0,133 US\$ correspond au montant du subventionnement. Le subventionnement, à ces tarifs, est ainsi estimé à environ 970.000 US\$ par an (0,133 x 20000x365). Une augmentation des prix d'au moins 0,7 US\$ du m³ conduirait à un subventionnement total d'environ 4,8 millions d'US\$ ((0,7-0,033) x 20000 x 365), soit une augmentation d'environ 3,9 millions d'US\$ (4,8 – 0,9).

Le tableau 12 présente, pour chaque source d'énergie, les coûts directs et indirects de production de l'électricité nécessaire à une station de dessalement d'une capacité de 20.000 m³. Les prix sont assujettis au tarif en vigueur dans chaque pays, mais en vue de faciliter cette étude, les prix moyens des États Unis ont été utilisés, dans la mesure où aucune donnée n'était disponible pour la région des SMC.

Tableau 12: Coûts énergétiques directs et indirects en US\$

<i>Énergie</i>	Charbon	Gaz naturel	Fuel	Nucléaire	Solaire	Éolienne
44.570.000 (kW/an)	1.422.624	2.005.011	9.584.929	973.608	6.668.550	3.867.759
<i>Effets sur l'environnement</i>	775.325	318.702	534.000 \$	2.546	-	-
Total	2.197.949	2.323.713	10.118.929	976.154	6.668.550 \$	3.867.759

Le tableau 13 ci-dessous, présente le coût total d'une station de dessalement utilisant différentes sources d'énergie (coût en combustible fossile et nucléaire situé entre 0,5 et 0,8 US\$), ainsi que les coûts environnementaux. Pour l'énergie éolienne et solaire le coût se situe dans une plage de 0,9 à 1,5 US\$ respectivement.

Tableau 13: Coût d'une station de dessalement par source d'énergie et ses coûts environnementaux en US\$

* 19,39 US\$ la tonne a été divisé par 1.000.000 de façon à en obtenir le poids en grammes.

	Charbon	Pétrole	Gaz naturel	Nucléaire	Solaire	Éolienne
Coût d'exploitation d'une station de dessalement	5.110.000	5.110.000	5.110.000	5.110.000	7.950.000	6.570.000
Coût énergétique	1.422.624	9.584.929	2.005.011	973.608	6.668.550	3.867.750
Coût environnemental	775.325	534.000	318.702	2.546	0	0
Total	5.885.325	5.644.000	5.428.000	5.112.546	7.950.000	6.570.000

Le tableau 14 ci-dessous, présente la valeur actualisée des flux des coûts et des avantages de l'approvisionnement en eau par dessalement (aussi bien d'eau de mer que d'eau saumâtre) sur une période de 20 ans. Un taux d'actualisation social de 3,5% a été utilisé dans les calculs.

Tableau 14: Coûts et avantages financiers de l'approvisionnement en eau par dessalement

Mesures	Coûts US\$	VAN US\$
Coûts d'investissement	30 millions SWRO 12 millions OIES	60 millions SWRO 24 millions OIES
Coûts d'exploitation	5,1 millions SWRO 1,8 millions OIES	72 millions SWRO 26 millions OIES
Énergie	44.570.000 (kW/an)	
Charbon	1.422.624	20 millions
Gaz naturel	2.005.011	29 millions
Fuel	9.584.929	136 millions
Nucléaire	973.608	14 millions
Solaire	6.668.550	95 millions
Éolienne	3.867.759	55 millions
Impacts environnementaux		
Charbon	775.325	11 millions
Gaz naturel	318.702	4,5 millions
Fuel	534.000	7,5 millions
Nucléaire	2.546	36 mille
Solaire	-	
Éolienne	-	

Coûts et avantages financiers de l'approvisionnement en eau par efficacité technique et de répartition

Ce chapitre propose, en se fondant sur les données disponibles, une estimation des coûts d'approvisionnement de 20.000 m³/jour d'une communauté hypothétique, par efficacité technique et de répartition.

Si nous devons utiliser la consommation moyenne annuelle d'eau pour la région MOAN de 1.000 m³/an, notre communauté hypothétique compterait environ 7.300 habitants. En utilisant la consommation mondiale moyenne annuelle, de 6000 m³, nous parlons alors d'une communauté constituée de 1216 habitants. Aux fins de cette étude, nous utiliserons le chiffre de la consommation pour la région MOAN arrondi à 3 m³/jour. Nous supposerons également que la nouvelle communauté se développe à proximité d'une communauté plus importante d'une population approximative de 500.000 habitants. L'eau nécessaire aux habitants de la nouvelle communauté est à usage essentiellement domestique. L'introduction de mesures destinées à renforcer l'efficacité technique et de répartition impliquera des coûts ainsi que des bénéfices se répercutant sur toute la population vivant dans la ville voisine et dans la nouvelle communauté.

- En vue d'approvisionner la nouvelle communauté de 20.000 m³/jour en eau douce, une station d'épuration décentralisée est proposée. Il est estimé que le coût de la station se situera dans une plage de 4 à 6 millions d'US\$ en fonction du type de technologie utilisée et de la qualité de recyclage de l'eau. Le coût d'exploitation est estimé entre 0,10 et 0,19 US\$/m³ en fonction du type de technologie employée. Un chiffre rond de 0,2 US\$ sera utilisé pour nos calculs en vue de tenir compte de l'augmentation prévue des coûts du travail et de l'énergie.
- Aux fins de cette analyse, une estimation de 5 millions d'US\$ pour la construction d'une station de traitement des eaux usées destinée à fournir 20.000 m³ par jour pour la communauté sera utilisée. Les coûts d'exploitation sont estimés à 1,5 million d'US\$/par an (US\$ 0.2 x 20,000 m³ x 365).
- L'amélioration de la structure et des institutions de gouvernance impliquées dans la gestion de système d'approvisionnement en eau, ainsi que l'instauration du cadre réglementaire nécessaire, entraîneront des coûts représentés en heures-personne. Le temps consacré inclut l'élaboration des règlements, des procédures de travail assurant la transparence et la responsabilisation, le contrôle, l'application et la conformité. On suppose qu'en vue de s'acquitter de cette tâche, environ 10 membres du personnel seront mis à contribution pour une période de quatre mois. Cela coûtera approximativement 60.000 US\$ (4 mois 10 membres du personnel x 1.500 US\$). Les fonctions précédant les activités initiales liées à l'amélioration du système de gouvernance, devraient être remplies par le personnel budgétisé à cet effet par les institutions nationales.
- L'efficacité dans l'utilisation et la répartition de ressources en eau résultant d'une gouvernance et d'un cadre réglementaire améliorés, devrait se traduire par une disponibilité en eau douce plus importante. Si l'on suppose un rendement minimal de 10% d'économies d'eau, on estime qu'environ 11 millions d'US\$ seront économisés chaque année (3m³/jour x 507.300 population x 10% d'économies d'eau x 0,2 US\$ x 365 jours).
- En termes d'amélioration sanitaire due à l'approvisionnement en eau potable et d'assainissement pour la communauté, les expériences acquises par les pays indiquent une augmentation de 2% du PIB. Les économies réalisées grâce à l'amélioration des conditions sanitaires des habitants de la nouvelle communauté et de la communauté adjacente plus importante de 500.000 habitants, ont été calculées sur la base de la part de pourcentage de la population totale et du PIB, en utilisant une estimation de 2% pour les pays participant au projet. Se fonder sur le PIB moyen fournira une estimation brute de 77 millions d'US\$ par an.
- L'efficacité dans l'approvisionnement en eau génèrera des emplois en agriculture, dans l'industrie et dans le tourisme. Cela est dû à l'effet de compensation de l'excédent d'eau mis à disposition par rapport à la baisse du travail dans le secteur agricole. Si nous supposons que l'approvisionnement en eau supplémentaire issue du traitement d'un volume approximatif de 547.500.000 m³ (500.000 habitants x 3m³/jour x 365 jours) est dirigé vers le secteur agricole, cela devrait se traduire par des emplois supplémentaires générés dans ce secteur.

- Cette quantité d'eau rendue disponible à l'agriculture peut être utilisée pour la culture de 2.150.000 tonnes de pommes de terre ($547.500,00 \text{ m}^3 \div 255 \text{ m}^3/\text{tonne}$). Cette même quantité utilisée pour la culture de blé n'en produirait que 410.000 tonnes ($547.500,00 \div 1,334 \text{ m}^3/\text{tonne}$) (Chapagain et Hoekstra, 2004). Les prix mondiaux concernant les pommes de terre varient de 100 à 200 US\$ la tonne tandis que, pour le blé, ils atteignent environ 270 US\$ (World Bank, 2012,). Bien que le blé réalise une cote élevée sur le marché, il est plus profitable de cultiver des pommes de terre que du blé.
- En supposant maintenant que la petite communauté nécessite 7,3 millions de m^3 d'eau par an ($20.000 \text{ m}^3 \times 365$), cela laisse approximativement 540 millions m^3 à la grande communauté. Cette quantité d'eau peut produire 2.118.431 tonnes de pommes de terre ($540.200.000 \div 255$) se traduisant par environ 318 millions d'US\$ ($2.118.431 \text{ tonnes} \times 150 \text{ US\$}$) de chiffre d'affaire, une augmentation d'environ 208 millions d'US\$ par rapport à une utilisation exclusive pour le blé. Ce chiffre est fondé sur la superficie estimée de terres agricoles dans la nouvelle communauté proposée et ne comprend pas les terres agricoles susceptibles d'être aussi disponibles dans l'agglomération de la communauté adjacente. Ces calculs ne saisissent pas non plus les bénéfices issus des économies de pesticides réalisées du fait de l'amélioration des méthodes d'irrigation.
- Dans le cas où 410.000 tonnes de blé ont été importées à l'aide des revenus générés par la vente de pommes de terre, ce sont alors 208 millions d'US\$ d'excédents qui seront réalisés. Cet excédent équivaut à une augmentation du volume d'eau de 1.040 milliards de m^3 ($208 \text{ millions d'US\$} \div 0,2 \text{ US\$}$).
- Au delà d'une influence sur les comportements tournée vers des modèles de consommation et de production plus durables, les instruments économiques devraient être conçus pour la réalisation de pourcentages de recouvrement des coûts d'approvisionnement en eau douce plus élevés. Ils devraient également être conçus de telle manière qu'ils ne se traduisent pas par une augmentation des charges pesant sur les groupes défavorisés et à faibles revenus, et que l'eau fournie pour cette catégorie de consommateurs continue d'être subventionnée. Des redevances plus élevées devraient, cependant, être facturées aux groupes à hauts revenus, ainsi qu'à des secteurs tels que le tourisme et l'industrie. Une augmentation des redevances de l'eau de 10% à 20% des plus favorisés de l'économie pourrait générer un recouvrement de coût de 445.000 US\$ par an ($3\text{m}^3/\text{d} \times 101,460\{507.300 \times 0,2\} \times 0,004 \text{ US\$} \{0,04 \times 10\% \} \times 365 \text{ jours}$).
- Les programmes de conservation de l'eau incluent l'installation d'équipements et de systèmes de conservation de l'eau dans les bâtiments. On estime que l'introduction de ces équipements dans les bâtiments et les résidences du parc de logement existant évalué à 126.825 unités ($507.300 \div 4$ nombre moyen de personnes par famille) peut coûter 2.500 à 5.000 US\$ l'unité, c.à.d. entre 317 millions et 634 millions d'US\$. Aux fins de cette analyse nous utiliserons un coût moyen de 475 millions US\$.
- Pour ce qui est de l'équipement d'irrigation efficace et économe (système de micro-irrigation), il est estimé coûter 2.500 US\$ à l'hectare. Le coût estimé de culture d'environ 350.000 tonnes de pommes de terre s'élève à 311 millions d'US\$ ($2.118.431 \text{ tonnes} \div 17 \text{ moyenne mondiale tonne/hectare} \times 2.500 \text{ US\$ coût/hectare d'installation d'équipement}$).
- Les économies résultant de l'investissement dans des programmes de conservation de l'eau pour les municipalités sont prévues entraîner une réduction de la consommation en eau se situant entre 10% et 20% et s'élevant à 83 millions de m^3 ($507.300 \text{ population} \times 3\text{m}^3/\text{j} \times 365 \text{ jours} \times -15\%$). Cela aboutit à une économie d'un montant de 17 millions d'US\$ par an.
- Les économies résultant de l'investissement en conservation de l'eau dans le secteur agricole, grâce à la micro-irrigation par exemple, devraient entraîner entre 40% et 80%

d'économies de consommation d'eau. Cela pourrait économiser de 220 à 440 millions de m³, c.à.d. de 44 à 88 millions d'US\$ par an. L'application d'une moyenne entre les deux chiffres nous donne un chiffre approximatif de 66 millions d'US\$ par an.

- On estime que, de façon générale, environ 15% de la consommation totale en énergie est attribuable au secteur de l'eau. L'efficacité en matière d'utilisation de l'eau devrait se traduire par des économies d'énergie. De 5% à 10% par m³ d'eau produit sont consacrés à l'énergie. Une économie de 5% en consommation d'énergie pourrait se traduire par un gain de 5,5 millions d'US\$ par an ($3 \text{ m}^3 \times 507.300 \times 365 \text{ jours} \times 0,2 \times 0,05$). L'eau économisée grâce à l'efficacité des mesures sera utilisée pour appuyer des activités dans d'autres secteurs.
- Une productivité et des cultures améliorées devraient constituer d'autres avantages acquis dans le secteur de l'agriculture. Cela renforcera la compétitivité des cultures et facilitera l'accès aux marchés internationaux, se traduisant ainsi par une augmentation des recettes extérieures étrangères. L'amélioration des méthodes d'irrigation et de production pourrait se traduire par une augmentation de la productivité de 20% à 30%, c.à.d. de 530.000 tonnes de pommes de terre supplémentaires ($2.118.431 \text{ tonnes de pommes de terre} \times 25\%$). En termes de prix des pommes de terre sur le marché mondial de 150 US\$/tonne, cela reviendrait à un gain de 80 millions d'US\$ par an.
- L'investissement dans des infrastructures de rétention de l'eau de pluie, dans la recharge des aquifères naturels et dans l'entretien correct des canalisations du réseau, variera en fonction du nombre de barrages situés à proximité des aquifères naturels et de la longueur des canalisations d'eau. Les coûts associés peuvent varier de 15% à 25% du coût d'approvisionnement en eau douce, s'élevant à 0,2 US\$/m³. Si nous utilisons un chiffre moyen de 20% du coût unitaire, nous obtenons un coût d'investissement total de 22 millions d'US\$ ($507.300 \text{ m}^3 \times 3 \text{ m}^3 \times 365 \times 20\% \times 0,2 \text{ US}\$$), ces mesures se traduiront par une augmentation de la disponibilité en eau procédant de l'accroissement du volume d'eaux souterraines qui, autrement, auraient pu être gaspillées, ainsi que de l'eau économisée suite à la réduction des fuites d'eau dans le réseau. Si nous supposons que cela aboutira à environ 15% d'augmentation en approvisionnement d'eau destiné à la nouvelle communauté et à l'agglomération adjacente, cela correspond à 83 m³ millions /par an ($507.300 \times 3 \text{ m}^3 \times 365 \times 15\%$) c.à.d. environ 17 millions d'US\$ par an ($83 \text{ millions de tonnes d'eau} \times 0,2 \text{ US}\$/\text{m}^3$). Cela permettra également de réaliser des économies en termes de réduction des coûts de capacité supplémentaire des stations d'approvisionnement en eau douce, et de diminution de quantité d'énergie nécessaire à sa production.
- L'eau récupérée, issue de la nouvelle station de traitement des eaux usées, fournira 20.000 m³ d'eau traitée en vue d'irrigation, libérant ainsi la quantité d'eau douce équivalente pour des fins d'usage domestique. Le volume total d'eau traitée peut être utilisé à des fins d'irrigation et d'approvisionnement en eau douce à usage domestique grâce à des économies de consommation résultant de l'efficacité technique et de répartition.

Le tableau 16 présente les coûts et les bénéfices estimés de l'approvisionnement en eau par efficacité technique et de répartition. Un taux d'actualisation social de 3,5% sur une période 20 ans a été utilisé en vue d'aboutir à la VAN.

Tableau 16: Coûts et avantages financiers estimés de l'approvisionnement en eau par efficacité technique et de répartition

Mesures	Coûts US\$	VAN des coûts en US\$	Bénéfices (Annuels) US\$	VAN des bénéfices en US\$
Coût d'investissement de station de traitement des eaux usées	5 millions	10 millions		
Coûts d'exploitation (Annuels)	1,46 millions	21 millions		
Gouvernance et cadre réglementaire	60.000	120 mille		
Installation d'équipement et de systèmes de conservation (ménages)	475 millions	945 millions	17 millions	240 millions
Installation de micro-irrigation selon les termes des hypothèses de l'étude	311 millions	618 millions	66 millions	938 millions
Rétention d'eau de pluie, recharge d'aquifères naturels, etc.	22 millions	44 millions	17 millions	240 millions
Efficacité énergétique			5,5 millions	80 millions
Utilisation de cultures à faible besoin virtuel en eau telles que les pommes de terre			208 millions	3 milliards
Augmentation de productivité en agriculture (supposée de 25%)			80 millions	1,1 milliard
Hausse de 10% des redevances en eau pour les revenus élevés ou le tourisme			445 mille	6,3 millions
Économie annuelle par efficacité accrue du fait d'une meilleure gouvernance			11 millions	156 millions
Total	814 millions		404 millions	
VAN totale		1.638 millions		5.760 millions

Les calculs révèlent qu'un approvisionnement de 20.000 m³/jour par efficacité technique et de répartition conduit à des bénéfices nets sur les coûts s'élevant à environ 4,122 milliards d'US\$. Le coût d'approvisionnement par dessalement de la même quantité d'eau est estimé, pour la SWRO, à 203,5 millions d'US\$ en utilisant du fuel comme source d'énergie principale, et à 91 millions d'US\$ en utilisant du charbon. Pour la OIES les chiffres s'élèvent à 167 millions et à 55 millions d'US\$ pour le

fuel et le charbon respectivement. Ces estimations sont calculées sur la base des prix américains de l'énergie. Les estimations des avantages résultant de l'amélioration sanitaire n'ont été incluses dans aucun des deux cas.

V. Lignes directrices concernant la réalisation d'analyses de coût d'opportunité pour le dessalement

Ce chapitre fournit un aperçu des étapes à suivre dans le calcul des coûts d'opportunité d'une station de dessalement. L'analyse de ce chapitre vise à identifier et à évaluer les coûts de manque à gagner susceptibles de survenir suite à l'option d'approvisionnement en eau par dessalement. Ce faisant, elle permettra de déterminer les mesures et les interventions politiques requises en vue d'accéder à l'efficacité technique et de répartition et aux moyens suggérés d'estimer les coûts associés et les bénéfices potentiels.

Ce chapitre devrait être lu conjointement avec les chapitres II et III fournissant une analyse des coûts socioéconomiques et environnementaux des stations de dessalement et des alternatives en efficacité technique et de répartition respectivement, ainsi que le chapitre IV qui examine le coût d'opportunité de l'efficacité du dessalement en opposition avec l'efficacité technique et avec l'efficacité de répartition.

Coûts et avantages financiers de l'approvisionnement en eau par dessalement

L'analyse effectuée au chapitre II fournit la base et la logique nécessaires à l'estimation des coûts directs et indirects, y compris ceux socioéconomiques et environnementaux, impliqués dans l'approvisionnement en eau par dessalement. Les coûts déterminés seraient évalués par rapport au manque à gagner suite à l'option de dessalement en opposition avec l'efficacité technique et de répartition.

Le point de départ, en vue d'estimer le coût socioéconomique et environnemental de l'approvisionnement en eau par dessalement, est d'en identifier les coûts et avantages directs potentiels. Les coûts associés peuvent être classés en coûts d'investissement et d'exploitation, et ceux-ci dépendront de la capacité de la station, de sa situation géographique, de la technologie employée et du type d'énergie utilisé. Comme indiqué précédemment, dans la mesure où le dessalement est énergivore, l'énergie solaire devrait être envisagée. Même si le coût d'investissement initial de l'énergie solaire est susceptible d'être plus élevé, il conduit à des avantages financiers à long terme sous forme de réduction de coût énergétique et des avantages environnementaux procédant de la réduction des émissions de CO₂ et des impacts sanitaires et environnementaux.

Les avantages résultant de la satisfaction des besoins en eau douce incluent généralement une amélioration de l'assainissement et de la santé. Cela se traduit par un accroissement de la productivité des travailleurs, ainsi que du nombre de jours consacrés aux activités productives, et à une facture médicale réduite du fait du recul des impacts négatifs sur la santé. Une brève présentation des divers outils et méthodologies d'évaluation économique de l'environnement, est fournie dans ce chapitre.

Le tableau 17 ci-dessous énumère les coûts et les avantages potentiels de l'approvisionnement en eau par dessalement.

Tableau 17: Avantages et coûts de l'approvisionnement en eau dessalée

<p>Coûts d'investissement et d'exploitation</p>	<p><i>Avantages</i> Augmentation de l'approvisionnement en eau douce en vue de satisfaire à la demande intérieure</p> <p>Augmentation de l'activité dans d'autres secteurs (agriculture, industrie, tourisme) du fait de l'augmentation de disponibilité de l'eau</p> <p>Augmentation de la contribution au PIB</p> <p>Coûts Coût de construction d'une station de dessalement, coût foncier inclus</p> <p>Coût d'exploitation, coûts énergétique, de travail, de pièce de rechange et d'entretien inclus</p> <p>Subventions gouvernementales</p>
<p>Incidences environnementales</p>	<p><i>Coûts</i> Augmentation des émissions de CO₂ avec des impacts négatifs sur le climat</p> <p>Impacts sur la vie marine et côtière, impacts de rejet de saumure en mer inclus</p> <p>Impacts sur les zones humides, les mangroves, les forêts, et la biodiversité</p> <p>Impacts sur la désertification</p> <p>Nuisances sonores</p>
<p>Incidences sociales</p>	<p><i>Coûts</i> Augmentation du coût médical due à l'incidence accrue de maladie en raison de l'augmentation des émissions de CO₂ résultant de l'accroissement des activités économiques</p> <p><i>Avantages</i> Augmentation du nombre d'emplois créés en vue de la construction et de l'exploitation de la station de dessalement</p> <p>Augmentation du nombre d'emplois dans d'autres secteurs de production due à l'augmentation de la disponibilité de l'eau dans d'autres secteurs</p> <p>Amélioration des conditions sanitaires due à la disponibilité d'eau potable</p> <p>Augmentation de productivité de la main-d'œuvre due à un meilleur accès à l'eau et à l'assainissement</p>

Coût et avantages d'une gouvernance et d'un cadre réglementaire performants

Assurer une bonne gouvernance et un cadre réglementaire adéquat mettant en jeu différents secteurs (approvisionnement en eau, agriculture, industrie, tourisme, municipalités, planification urbaine et environnementale), est une condition nécessaire à la réalisation de l'efficacité technique et de répartition. Une évaluation du cadre réglementaire actuel et des structures de gouvernance devrait couvrir les coûts et bénéfices économiques, environnementaux et sociaux des configurations réglementaires et institutionnelles existantes. Les cadres réglementaires ciblant les ressources en eau devraient être conçus pour en encourager l'utilisation et la répartition efficace dans les différents secteurs. Il devraient être conçus pour maximiser l'utilisation de l'eau par unité de production, renforcer l'activité économique dans les divers secteurs de production, promouvoir des modes de production et de consommation durables, encourager l'utilisation d'eaux usées traitées pour l'irrigation et l'industrie, et restreindre la pollution des cours d'eau et l'épuisement des eaux souterraines et des aquifères.

Les implications socioéconomiques et environnementales des réglementations devraient être déterminées et leurs conséquences pleinement évaluées. La considération de redistribution et d'équité devrait être prise en compte en vue d'éviter d'imposer un fardeau supplémentaire sur les défavorisés et les groupes à faible revenu. Une consultation publique et un processus participatif devraient être adoptés dans la conception du cadre réglementaire. Cela permettra de s'assurer que les préoccupations et les priorités des diverses parties prenantes sont prises en considération.

Une bonne gouvernance et des institutions efficaces sont nécessaires à la garantie d'une gestion rationnelle et durable des ressources en eau. Cela implique d'assurer la transparence et la responsabilisation dans le fonctionnement et dans l'action des différentes institutions concernées par la gestion et l'utilisation des ressources en eau. Les chaînes de commandement et de responsabilités et les mécanismes de coordination devraient être clairs et bien établis.

Les coûts associés seront spécifiques à chaque pays et dépendront du niveau et de la qualité des institutions et des cadres réglementaires disponibles. Cela dépendra de la nécessité, soit de création de nouvelles institutions, soit de restructuration des anciennes, et du niveau d'intervention pour s'assurer de leur efficacité. Les coûts devraient inclure des jours de travail consacrés à l'évaluation des institutions et des cadres réglementaires existants, aux propositions concernant les types d'institutions et de cadres réglementaires nécessaires, et à leur examen et développement.

Coût d'administration, de contrôle et de garantie de respect des règlements

Des professionnels qualifiés et bien formés constituent la clé de la mise en œuvre, du contrôle et de la garantie de respect des cadres réglementaires. Le renforcement des capacités nationales et la mise à niveau du personnel peuvent s'avérer nécessaires selon l'état des capacités existantes. Les estimations de coût associées à la conduite de consultations publiques et de campagnes de sensibilisation, de contrôle et de conformité, et de renforcement des capacités nationales devraient être réalisées.

Les avantages économiques résultant de la réglementation en termes de gain d'efficacité, et la contribution à l'augmentation de production d'un produit par unité d'apport en eau devraient aussi être estimés. Cela devrait recouvrir les différents secteurs susmentionnés. Cela devrait se traduire par des économies de consommation d'eau et une contribution accrue au PIB en termes d'augmentation de production par unité de coût d'eau.

Au moins 10% des économies de consommation d'eau peuvent être réalisées à partir d'une bonne gouvernance et d'une amélioration de niveau de performance des institutions consécutive à une utilisation et une distribution plus efficaces des ressources en eau. L'estimation des économies dues à

des gains d'efficacité dépendra du niveau et de la qualité des interventions, de l'efficacité des cadres réglementaires proposés et du fonctionnement des institutions.

Utilisation d'instruments économiques, application de recouvrement intégral de coût de service par efficacité de répartition

Les instruments économiques sont de plus en plus utilisés pour soutenir le commandement et le mécanisme de contrôle en vue d'atteindre des objectifs environnementaux. Des instruments économiques bien conçus et mis en œuvre peuvent être des outils efficaces de promotion de la répartition et de l'utilisation des ressources en eau. Comme cela a été rapporté au chapitre III, ils peuvent être employés à l'opérationnalisation du PPP et de l'PUP, et donc influencer sur le comportement envers des modes de consommation et de production plus viables de l'eau. Hormis la promotion d'une utilisation rationnelle de l'eau, une internalisation des externalités dans les redevances de service des eaux aboutira à une augmentation de revenus pour les gouvernements pouvant être canalisée vers le soutien d'investissement en infrastructure hydriques. Les coûts de conception, d'introduction et de suivi de la mise en œuvre des instruments économiques devraient être saisis. Les avantages en découlant doivent être fondés sur la mesure dans laquelle les mesures mises en place sont susceptibles d'entraîner des gains d'efficacité dans l'utilisation et la répartition de l'eau entre des utilisations concurrentes. Les gouvernements peuvent décider d'augmenter le taux de recouvrement de l'approvisionnement en eau de 10% sur certains usagers, tels que l'industrie et le tourisme et les groupes à haut revenu. Il est essentiel que des considérations d'équité et de redistribution soient prises en compte lors de la détermination des redevances du service des eaux.

Coût de construction et de fonctionnement d'une station de traitement des eaux usées

L'eau douce est essentiellement fournie par les aquifères souterrains, les précipitations et les plans d'eau. Les aquifères souterrains peuvent être soit non renouvelables, soit le taux du captage de l'eau y être supérieur à celui de son renouvellement. Le taux de précipitations est influencé par le changement climatique, avec un impact aussi sur l'augmentation des taux de déforestation, de désertification et sur la couverture forestière, affectant ainsi la disponibilité de l'eau. Il est donc plus rationnel d'orienter l'investissement vers le traitement des eaux usées afin de maximiser l'utilisation des ressources en eau disponibles. Le coût d'investissement de construction d'une station de traitement des eaux usées, ainsi que son coût d'exploitation dépendent de la capacité de la station. Plus la capacité de la station est importante, plus le coût unitaire d'approvisionnement en eau est réduit. En vue d'estimer le coût d'approvisionnement en eau, la VAN des coûts d'investissement et d'exploitation sur une période de plus de 20 ans peut être calculée pour obtenir la valeur actualisée de construction et d'exploitation de la station. Un taux d'actualisation social de 3,5% peut être utilisé pour calculer la VAN.

Avantages résultant de l'augmentation de la compétitivité et des échanges

L'utilisation efficace de l'eau réduit les coûts globaux du produit fini. Il en résulte une augmentation de la compétitivité du produit fini, ouvrant ainsi de nouveaux créneaux. Une compétitivité accrue se traduit par un volume d'échanges plus important et contribue à une balance de paiement positive, elle crée des opportunités d'emploi et contribue à la croissance du PIB. Les revenus prévus, issus de l'accroissement de la compétitivité et des échanges, devraient être évalués et traduits en gains financiers, ainsi que les projections de hausse de PIB calculées et incluses en tant que partie du manque à gagner dans l'investissement en dessalement. Les modèles de systèmes dynamiques peuvent être utilisés pour évaluer les impacts des gains issus d'un usage efficace de l'eau sur les activités économiques, l'emploi, la balance des paiements et le PIB.

Avantages résultant d'un meilleur accès à l'éducation et aux activités productives

Moins de temps passé à la corvée d'eau potable, en particulier pour les femmes, signifie plus de temps consacré à l'éducation et aux activités productives. Ceci contribue à son tour à une

augmentation du pourcentage de population bénéficiant d'une éducation et s'engageant dans des activités productives. Il en résulte un impact positif sur le PIB. Le pourcentage de la population concernée par un accès facilité à l'eau et à l'assainissement peut être calculé sur la base du supplément d'approvisionnement en eau rendu disponible. Sur cette base, le nombre d'adultes engagés dans des activités productives peut être estimé et leur contribution au PIB calculée sur la base des chiffres nationaux.

Hausse de la valeur des terres et de la propriété issue d'un meilleur environnement

Les règlements pénalisant le rejet de déchets industriels et domestiques dans les étendues d'eau se traduisent par des rivières propres. L'amélioration de l'aménagement paysager et la mise à disposition d'aires de loisir, et d'espaces aménagés pour les piétons et les cyclistes peuvent aussi accompagner ces mesures. Cela peut aboutir à une hausse de la valeur des propriétés et à une source de revenus pour les municipalités. L'augmentation de la valeur des terres et des résidences dépendra d'un certain nombre de facteurs incluant la qualité et l'ampleur du développement. Les bénéfices résultant d'un environnement amélioré sont susceptibles de se cumuler au profit des propriétaires privés ou du gouvernement.

Avantages résultant d'une amélioration sanitaire

L'approvisionnement en eau potable et l'assainissement améliorent l'état de santé de la population, particulièrement des plus démunis et des communautés défavorisées privés d'accès à l'eau potable et à l'assainissement. Des avantages découlent d'un accroissement de productivité de la main-d'œuvre: réduction de l'incidence de maladies, diminution du coût de frais médicaux, du coût de construction des hôpitaux, des cliniques et des médicaments. L'expérience des pays indique que l'amélioration sanitaire résultant du gain de qualité de l'eau et de l'assainissement entraîne une augmentation du PIB de 2%.

Avantages sociaux sous forme de nombre d'emplois supplémentaires créés

Bien que l'efficacité dans la gestion des ressources en eau soit susceptible de se traduire par une réduction des exigences de main-d'œuvre, il est également probable que des emplois supplémentaires soient générés dans d'autres secteurs économiques du fait de l'approvisionnement en eau supplémentaire rendu disponible pour ces secteurs. Les réglementations peuvent susciter des changements dans les processus de production dans les divers secteurs pour promouvoir l'utilisation efficace de l'eau, la prévention ou la réduction du gaspillage de l'eau. Cela peut aussi concerner les exigences de traitement de recyclage de l'eau avec des résultats immédiats en termes de création d'emploi. La réduction de la main-d'œuvre dans le secteur hydrique en raison de l'efficacité accrue dans le secteur est susceptible d'être absorbée par les créations d'emplois dans les autres secteurs du fait de la disponibilité de l'eau. Il est, par conséquent, utile de connaître la composition et la structure de la population active, et les exigences requises par les différents secteurs pour être en mesure de prévoir les mouvements de main-d'œuvre entre les secteurs et l'incidence nette obtenue grâce à l'efficacité hydrique.

Réduction de coût d'approvisionnement en eau douce

Les lois prescrivant l'utilisation d'eau traitée recyclée aux agriculteurs en vue d'irrigation permettront de réduire la pression exercée sur l'eau douce. Il en résulte une réduction de coût d'approvisionnement en eau douce aux fins d'usage domestique et autres, tels qu'industriel et touristique. En d'autres termes, le coût d'opportunité, dans ce cas, consiste en l'économie en eau douce susceptible d'être canalisée vers d'autres usages. En outre, l'utilisation d'eaux usées traitées en agriculture réduit les besoins en engrais et augmente le rendement des cultures. Le coût de l'approvisionnement en eau douce devrait être calculé sur la base du volume d'eaux usées traitées fourni et du coût unitaire de l'approvisionnement en eau douce. L'augmentation de la productivité des cultures peut être obtenue par le calcul des gains d'efficacité en agriculture.

Avantages des mesures de conservation de l'eau en secteur agricole

On estime qu'au moins 70% de la consommation d'eau dans les SMC est générée par le secteur agricole. En Égypte, ce pourcentage atteint jusqu'à 85% de l'approvisionnement en eau dans le pays. Les mesures de conservation de l'eau comprennent l'installation de compteurs d'eau et l'utilisation d'équipements de micro-irrigation et d'irrigation à pivot central. On estime que ces mesures à elles seules, entraînent d'importantes économies de consommation d'eau, évaluées approximativement à 40% par rapport au système d'irrigation conventionnel. L'installation de compteur permettrait aussi aux gouvernements de mesurer la quantité d'eau consommée et à en percevoir la redevance en conséquence. Les économies en consommation d'eau et les revenus supplémentaires réalisés par le gouvernement à partir de la perception des redevances constituent des bénéfices procédant de mesures de conservation méritant d'être prises en compte.

Avantages résultant de l'économie d'eau virtuelle

La sélection du type de culture à produire aux fins de consommation domestique et de commerce est importante pour l'optimisation de l'utilisation des ressources en eau. La sélection des cultures devrait être décidée sur la base des variétés les moins fortement consommatrices d'eau. En d'autres termes, l'approvisionnement disponible en eau devrait être utilisé prudemment, de façon à maximiser les rendements ainsi que la valeur du produit fini. La culture de variétés à faible consommation d'eau et l'importation de celles à forte consommation en eau conduit à optimiser l'approvisionnement en eau disponible dans le pays. Une stratégie planifiée de façon à ne pas compromettre la sécurité de l'eau et la sécurité alimentaire peut aboutir non seulement à des économies, mais aussi à une augmentation du volume d'approvisionnement en eau. Une fois prise la décision concernant le type de cultures devant être cultivées et celles devant être importées, le volume d'eau économisée et celui des importations peuvent être évalués et leurs coûts calculés. Les économies liées à l'énergie devraient, elles aussi, être calculées.

Les flux financiers génèrent des revenus pour les gouvernements et peuvent, par conséquent, fournir une bonne source de financement des projets concernant l'eau et l'assainissement

Les revenus générés par l'introduction de taxes, droits et redevances d'utilisation de l'eau ainsi que de pollution des étendues d'eaux de la part des divers secteurs peuvent être calculés et comptabilisés en tant que partie du coût d'opportunité de construction d'une station de dessalement. Coûts d'administration, de contrôle et de recouvrement des taxes, droits et redevances devraient être déduits des revenus générés et recouverts.

Avantages des mesures de conservation de l'eau en secteur domestique

On estime qu'environ 8% de l'utilisation totale de l'eau est attribuable à la consommation à des fins domestiques. L'introduction d'équipement et d'appareillage ménagers est estimée réduire la consommation d'eau de ce secteur de 15%. Le coût d'installation de dispositifs d'économie d'eau, variant selon la qualité des appareils et des équipements installés, devrait, lui-aussi, être calculé. Il s'agit d'un des coûts initiaux, tandis que les économies de consommation d'eau sont annuelles. L'utilisation d'eaux usées ménagères recyclées pour les chasses d'eau ou l'irrigation de jardins constitue une autre mesure d'économie d'eau. Cela implique l'installation des systèmes de tuyauterie nécessaires dans les bâtiments.

Avantages de la réduction de la consommation en énergie

On estime que près de 15% de la consommation d'énergie dans la plupart des pays est consacrée à des projets de gestion de l'eau. Cette part de pourcentage augmente là où les installations d'approvisionnement en eau prédominantes sont des stations de dessalement. Les systèmes de gestion efficace et améliorée devraient se traduire en économies d'énergie. Les systèmes de gestion

efficace et les mesures de conservation peuvent aboutir à des économies d'énergie à hauteur d'environ 5% de la part totale estimée de 15% de l'énergie consacrée aux projets de gestion de l'eau. Ce coût varie en fonction de la source d'énergie et du type de technologie hydrique utilisée. L'utilisation de l'énergie solaire devrait être promue en tant que source d'énergie principale en vue d'approvisionnement d'eau. L'affacturage des impacts positifs de la réduction de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂ devrait compenser l'augmentation de coût d'investissement initial dans l'énergie solaire à long terme.

Avantages résultant de l'investissement dans les écosystèmes

Les coûts liés à la conservation des écosystèmes varient en fonction du biome en question. Les zones humides et les mangroves constituent différents biomes, contribuant, en supplément des cours d'eaux, à la conservation de l'eau douce. Les bénéfices obtenus dépendent de l'ampleur et de l'efficacité du projet de conservation. Dans la mesure où les écosystèmes constituent une source essentielle d'approvisionnement en eau douce, la bonne conservation de ces systèmes est vitale à l'établissement d'un apport durable en eau douce. Les bénéfices découlant de tels investissements devraient par conséquent être saisis par un calcul des coûts d'opportunité du dessalement de l'eau. Les méthodes d'évaluation économique telle que l'évaluation contingente et les CAP et CAR peuvent être utilisés pour déterminer les bénéfices procédant de l'investissement dans l'écosystème.

Accès aux coûts et avantages de nouvelles sources (non-traditionnelles) d'eau

Les solutions peu onéreuses d'approvisionnement en eau mentionnées précédemment comprennent le captage et le stockage de l'eau de pluie, de la condensation d'eau de nappes de brouillard, les transferts inter-bassins, le transport de l'eau par canalisations ou par sacs flottants. Les coûts et avantages financiers de ces mesures devraient être calculés et inclus dans l'estimation de coût d'opportunité de l'eau dessalée.

Estimation des coûts et des avantages financiers d'investissement en infrastructure hydrique

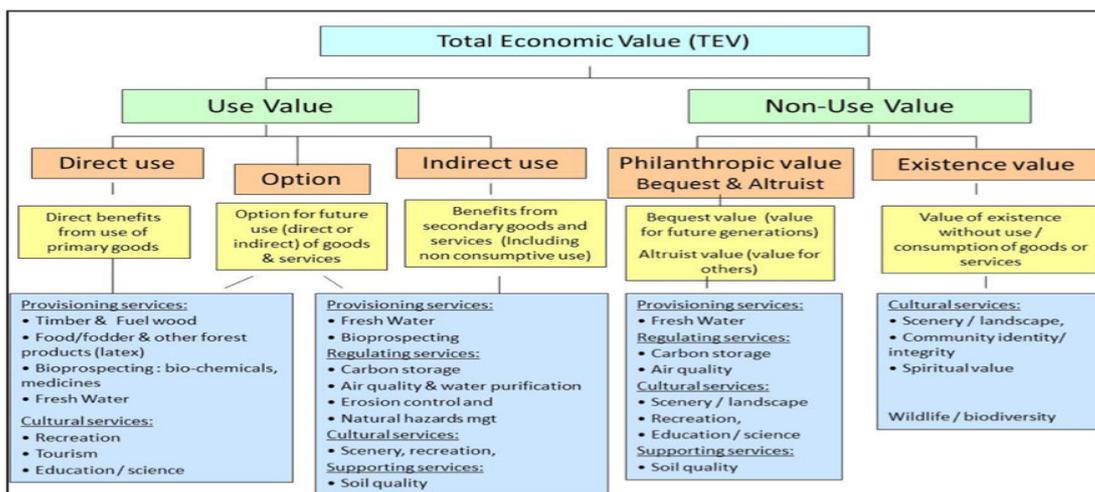
Ceux-ci comprennent l'investissement en infrastructure de rétention d'eau de pluie telle que les barrages, destinés à la recharge des aquifères naturels. Ils comprennent encore l'entretien en continu des canalisations du réseau. Le coût dépendra du nombre de barrages et d'aquifères à recharger et la longueur des canalisations d'eau. Pour ce qui est des bénéfices, un pourcentage d'au moins 15% d'augmentation en approvisionnement en eau résultant de ces investissements peut être utilisé.

Valeurs économiques de l'environnement

Des méthodologies d'évaluation ont été utilisées pour estimer le coût et les avantages financiers de projets concernant l'environnement. Le concept d'évaluation économique de l'environnement est fondé sur le principe d'économie du bien-être. Il est basé sur le consentement à payer (CAP) ou le consentement à recevoir (CAR) des individus (Hanemann, 1991; Shorgen and Hayes, 1997). La mesure des valeurs économiques peut être effectuée sur la base des observations de comportements. Elles sont réparties en méthodes d'observation directes ou indirectes de comportement. La première peut utiliser les prix du marché, où les impacts environnementaux s'exercent sur des biens et services échangés sur le marché. L'observation indirecte de comportement utilise, elle aussi, l'observation de comportement, mais non pour les biens échangés sur le marché. La méthode d'évaluation employée est appelée méthode des prix hédonistes, qui emploie des techniques statistiques utilisant les prix implicites de l'attribut d'un produit, telles que les méthodes de coût d'eau potable, d'air et de voyage. Cette dernière utilise le coût observé de voyage pour atteindre une destination spécifique de valeur aux yeux de l'utilisateur. Elle inclut aussi les méthodes fondées sur le coût, telles que la méthode de coût de remplacement, qui valorise les services fournis sur la base du coût de son remplacement par le projet proposé.

- Une autre technique d'évaluation économique est fondée sur le comportement hypothétique. Celle-ci comprend l'évaluation directe hypothétique, appelée évaluation contingente, et des mesures indirectes hypothétiques de CAP et de CAR. Le transfert de bénéfices est encore employé en vue d'évaluer les avantages économiques de l'environnement. Cette méthode consiste simplement à utiliser les estimations obtenues dans un contexte en vue d'estimer des valeurs dans un autre. Bien que cet outil ait été controversé, il a été accepté en tant qu'outil fiable à condition d'être prudemment appliqué en cas de contextes plutôt rapprochés et dans des situations hypothétiques pour lesquelles aucune observation de pratiques n'est disponible (Silva, Pagiola, 2003). La figure 2 ci-dessous illustre les différents outils d'évaluation économique pour l'environnement.

Figure 2: Outil d'évaluation économique



Source: White et al, 2011, adapted from Kettunen et al (2009), adapted from Pearce & Moran 1994

Le tableau 18 ci-dessous résume les différents coûts et bénéfices devant être pris en compte dans l'estimation de coût d'opportunité de dessalement de l'eau, également illustrée en figure 3.

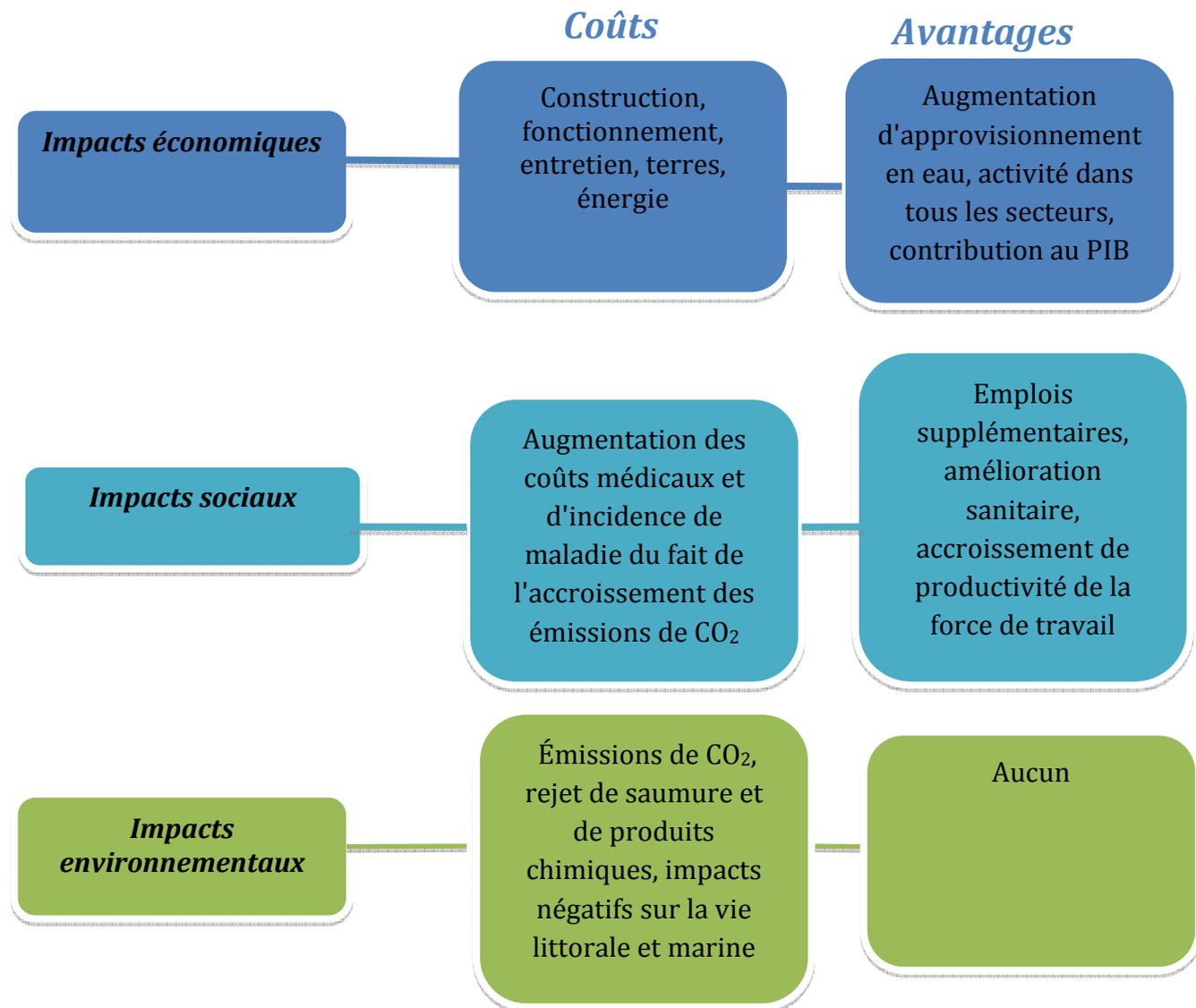
Tableau 18: Coûts et avantages de l'efficacité technique et de l'efficacité de répartition en matière d'approvisionnement en eau

Amélioration de gouvernance et d'institutions	
Amélioration de cadres réglementaires	
Coûts	Bénéfices
Coût de conformité, de contrôle et d'application	Réduction, par un facteur 4, du montant des fonds nécessaires à l'investissement en stations d'approvisionnement en eau
Coût de développement de procédures de garantie de bonne gouvernance, de transparence et de responsabilisation	Report d'investissement dans des projets de dessalement d'eau plus onéreux
Coût d'élaboration des cadres réglementaires assurant la cohérence entre les règlements relatifs aux divers secteurs ainsi qu'aux incitations de marché	Réduction de subventions versées par le gouvernement en vue d'approvisionnement en eau
Coût de renforcement des capacités nationales en vue d'élaboration des cadres réglementaires promouvant l'utilisation et la répartition efficaces des ressources en eau, le contrôle et la conformité	Amélioration sanitaire (économies estimées à environ 2% du PIB)
	Emplois générés en agriculture, industrie et tourisme dus à une mise à disposition d'eau plus importante, suffisante pour compenser le tassement du marché du travail, consécutif à l'efficacité dans le secteur hydrique
Utilisation d'instruments économiques	
Coûts	Bénéfices
Coût de renforcement de capacités locales dans la conception et la mise en œuvre d'instruments économiques en vue d'une utilisation efficace et durable des ressources en eau	Augmentation de taux de recouvrement dans l'industrie, le tourisme et les ménages à hauts revenus, prévue conduire à 20% de revenus supplémentaires générés
	Exercice d'influence sur les modes de consommation vers des pratiques plus viables conduisant à une économie d'eau située entre 15% et 25%
Programmes de conservation de l'eau pour les municipalités	
Coûts	Bénéfices
Coût d'installation d'équipements et d'appareils économiseurs d'eau dans les bâtiments publics gouvernementaux (bureaux, écoles, hôpitaux, postes, etc.) résidences et bâtiment privés	Durabilité des ressources en eau en termes de disponibilité pour les générations présentes et futures.
	Réduction des besoins en construction d'installations d'infrastructure hydrique
	Réduction de la consommation d'eau par habitant pouvant aboutir à des économies situées entre 10% et 20% d'économie d'eau pour

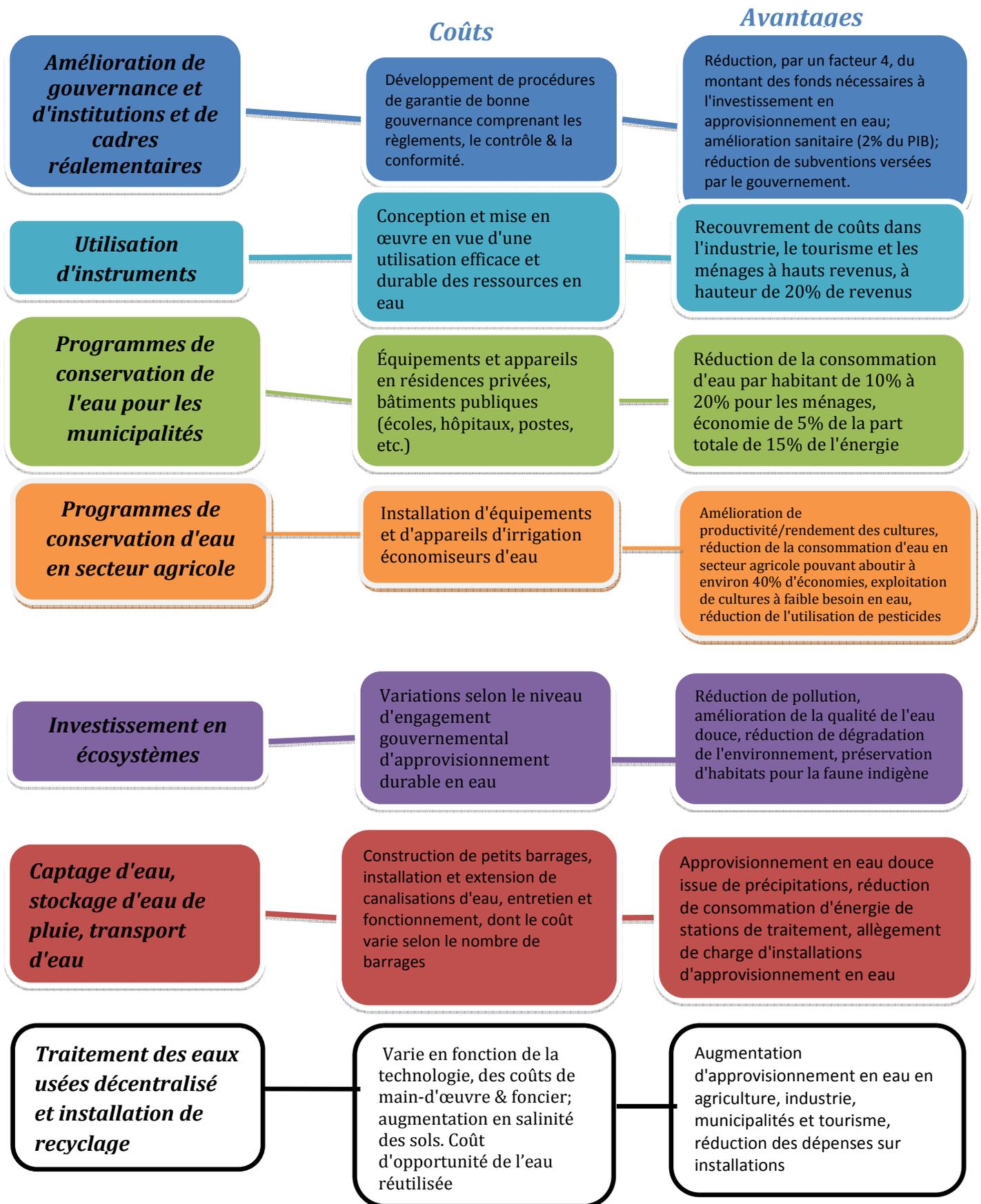
	<p>les ménages</p> <p>Réduction estimée à au moins 5% de la part totale de 15% de l'énergie consacrée à la gestion de l'eau.</p>
Programmes de conservation d'eau en secteur agricole	
Coûts	Bénéfices
Coût d'installation d'équipements et d'appareils d'irrigation économiseurs d'eau	<p>Augmentation de production par unité de consommation d'eau</p> <p>Réduction de coût de produit fini</p> <p>Amélioration de productivité/rendement des cultures</p> <p>Augmentation de compétitivité de cultures produites sur les marchés internationaux</p> <p>Réduction de la consommation d'eau en secteur agricole pouvant aboutir à environ 40% d'économies d'eau</p> <p>Réduction de besoin en eau des cultures (eau virtuelle)</p> <p>Conversion de cultures à fort besoin en eau telles que le celle du blé vers des cultures à plus faible besoin en eau telles que celle des pommes de terre, en vue d'économie d'eau</p> <p>Réduction de l'utilisation de pesticides grâce à une diminution de la quantité de mauvaises herbes et autres champignons favorisés par l'irrigation par inondation et autres gaspillages d'eau</p>
Investissement en écosystèmes.	
Coûts	Bénéfices
Coût associé variant selon l'ampleur de l'engagement gouvernemental de garantie d'approvisionnement continu et durable d'eau pour les générations présentes et futures.	<p>Réduction de pollution des cours d'eau</p> <p>Réduction du taux d'épuisement des eaux souterraines</p> <p>Amélioration de l'eau douce en quantité et en qualité</p> <p>Réduction de dégradation de l'environnement</p> <p>Renforcement de préservation d'habitats pour la</p>

	<p>faune indigène</p> <p>Conservation de l'écosystème contribuant à la préservation de l'écosystème responsable pour l'approvisionnement en eau sur une base durable</p>
<p>Captage d'eau, stockage d'eau de pluie, transport d'eau (canalisations / sacs flottants)</p>	
<p>Coûts</p> <p>Coût associé à la construction de petits barrages destinés à la recharge d'aquifères, à l'installation et à l'extension de canalisations d'eau, à l'entretien en continu en vue d'éviter des fuites sur le réseau. Coût variant selon le nombre de barrages et la superficie couverte par l'approvisionnement en eau</p>	<p><i>Bénéfices</i></p> <p><i>Bénéfices</i></p> <p>Augmentation d'approvisionnement en eau douce issue de précipitations susceptible, autrement, d'avoir été gaspillée</p> <p>Réduction de coût de fourniture d'installations d'approvisionnement en eau</p> <p>Réduction de consommation d'énergie utilisée en fonctionnement de stations de traitement d'eau</p>
<p>Traitement des eaux usées décentralisé et installation de recyclage</p>	
<p>Coûts</p> <p>Coût au mètre cube dépendant du type de technologie employée, du coût de main-d'œuvre, du coût foncier, et de la distance d'acheminement de l'eau à destination, coût moyen de 0,2 US\$ utilisé en vue d'amortissement sur une période de 20 ans</p> <p>Augmentation en salinité des sols</p> <p>Coût d'opportunité de l'eau réutilisée</p>	<p><i>Bénéfices</i></p> <p>Augmentation d'approvisionnement en eau en vue d'irrigation et de certains usages industriels réduisant ainsi la pression exercée sur l'eau douce à usages domestique, industriel et touristique</p> <p>Réduction des dépenses sur installations d'approvisionnement en eau et stations de dessalement</p> <p>L'eau récupérée, issue de la nouvelle station de traitement des eaux usées, fournira 20.000 m³ d'eau traitée en vue d'irrigation, libérant ainsi une quantité d'eau douce équivalente à des fins d'usage domestique. Le volume total d'eau traitée peut être utilisé à des fins d'irrigation et d'approvisionnement en eau douce à usage domestique grâce à des économies de consommation résultant de l'efficacité technique et de répartition.</p>

Coûts et avantages de l'approvisionnement en eau par dessalement



Coût et avantages de l'efficacité technique et de répartition



VI. Recommandations

L'analyse de coût d'opportunité fournit aux décideurs politiques un outil permettant de prendre la juste décision en respect des meilleures options possible. En vue de mener une analyse de coût d'opportunité efficace, il est recommandé de tenir compte de ce qui suit:

- Les coûts et avantages socioéconomiques et environnementaux de l'approvisionnement en eau par dessalement devraient inclure les coûts sanitaires et environnementaux en émissions de CO₂ dus au caractère énergivore du dessalement ainsi qu'aux rejets de saumure.
- Le coût d'opportunité d'une station de dessalement ou, en d'autres termes, le manque à gagner de l'investissement dans le dessalement comparé à d'autres options, devraient être pleinement pris en compte et comptabilisés. Cela inclut les coûts et avantages socioéconomiques et environnementaux en efficacité technique et de répartition, recouvrant les coûts et bénéfices d'une bonne gouvernance, de cadre législatif, de système d'incitation, de sensibilisation du public et de développement des ressources humaines.
- D'autres investissements comprennent l'investissement en installation de traitement des eaux usées décentralisé, l'investissement en modernisation et amélioration du réseau hydrique en vue de réduction du gaspillage. D'autres exigent des mesures d'économies en gestion de l'eau, comprenant l'investissement en installations de stockage et de recyclage, en nouvelles techniques d'irrigation, en traitement des eaux usées, en réutilisation et recyclage, dans les écosystèmes favorisant la conservation de l'eau et fournissant des services d'assainissement.
- La méthode du transfert des avantages peut être utilisée dans l'estimation des coûts et avantages socioéconomiques et environnementaux. La méthode d'évaluation contingente constitue une autre méthode d'évaluation économique pouvant être utilisée.
- L'eau virtuelle constitue un élément important devant être pleinement pris en compte en efficacité technique et de répartition et dans le calcul du coût d'opportunité en matière d'approvisionnement en eau par dessalement. La sélection de produit à faible besoin en eau à exploiter localement et l'importation de produits à fort besoin en eau, optimisent l'utilisation des ressources en eau disponibles et augmentent la disponibilité de l'eau dans le pays.
- La création d'emplois est une composante importante de tout type d'investissement, et dont il est particulièrement important de tenir compte lors du calcul des bénéfices de l'efficacité technique et de répartition. Cela est dû au nombre potentiel d'emplois susceptibles d'être créés dans la chaîne des activités associées à cette option.
- Pour le calcul des impacts positifs sur la santé, des facteurs tels que l'augmentation de la productivité, la réduction des frais médicaux, l'amélioration de l'espérance de vie et le taux de diminution de la mortalité, en particulier pour les enfants, devraient être pris en compte.
- Les avantages découlant de l'économie d'eau douce résultant de l'attribution d'eaux usées traitées à fins d'usage agricole, devraient être soigneusement évalués et chiffrés.
- En vue du calcul de la VAN de coût d'investissement, un taux d'actualisation social peut être utilisé pour déterminer le coût d'investissement à la valeur actualisée.

Références

- A. Poullikkas, Optimization algorithm for reverse osmosis desalination economics. *Desalination*, 133 (2001) 75–81.
- African Development Bank, Gabal El-Asfar Wastewater Treatment Plant- Stage II Phase II project, Country: Egypt, 2009).
- Alternative Ways of Providing Water, Emerging Options and Their Policy Implications, OECD, 2007-2008.
- Arab Environment 4, Green Economy, Sustainable Transition in a Changing World, 2011 Report of the Arab Forum for Environment and Development, Edited by Hussein Abaza, Najib Saab, Bashar Zeitoun Artim, Eniko, Ellen Baltazar, Joanna Fiedler, Dusan Sevic, and Ruslan Zhechkov. "Investing in the Environment as a Way to Stimulate Economic Growth and Employment." *How Environmental Projects Contribute to Achieving Lisbon Agenda Goals*. (2008): n. page. Web. <<http://ec.europa.eu/environment/integration/pdf/LisbonReport.pdf>>.
- Bahri, A. "Water reuse in Middle Eastern and North African countries." *In Water Reuse: An international Survey of Current Practice, Issues and Needs* (eds. B. Jimenez and T. Asano). IWA Publishing, London. (2008b)
- Beato, P. and Vives, A. A primer on water economics. Vives, A. and Beato, P. 2010. A primer on water financing. 2010.
- Becker, N.I.R. "The Effect and Reform of Water Pricing: The Israeli Experience." *International Journal of Water Resources Development* 18 (2): 353-66 2002
- Benabdallah, S. "La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie." *Etudes et rapports d'expertise* II. 2003
- Chapagain, A.K. and A.Y. Hoekstra. Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water flow between Nations in Relation to International Trade of Livestock and Livestock Products, Value of Water Research Report, Series No 12, IHE Delft, February 2003
- Christopher Ward Consultant and Researcher Institute of Arab and Islamic Studies University of Exeter wardcward@aol.com
- Côté, P., Siverns, S., and Monti, S. "Comparison of membrane- based solutions for water reclamation and desalination." *Desalination* 182:251–257. 2005
- "CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights." *Iea statistic*. International Energy Agency, 2011. Web. 30 Jun 2012. <<http://www.iea.org/co2highlights/CO2highlights.pdf>>.
- C. Sommariva and V.S.N. Syambabu, Increase in water production in UAE. *Desalination*, 138 (2001) 173-179.
- Dolnicar, S. and Schäfer, A.I. Public perception of desalinated versus recycledwater in Australia. 2006. Available at <http://ro.uow.edu.au/commpapers/138>
- Drouiche, Nadjib, Noredine Ghaffour, Mohamed W. Naceur, Hacene Mahmoudi, and Tarik Ouslimane. "Reasons for the Fast Growing Seawater Desalination Capacity in Algeria." Springer Science Business Media B.V. 2011. (2011): n. page. Print.
- Engel, S., Pagiola, S., and Wunder, S. "Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issues." *Ecological Economics* 65:663–674. 2008
- Environment Canada (2005) Municipal Water Use, 2001 Statistics (Report)
- Freedman J., J.W. Hotchkies , presentation at the OECD expert meeting on Sustainable Financing for Affordable Water Services, November 2007 (available at <http://www.oecd.org/dataoecd/38/53/40015778.pdf>)
- Global Water Partnership. "Triggering change in water policies." Policy Brief 8. Global Water Partnership. 2009a.
- "Government Initiatives." *Desalination Background*. N.p., 20 Aug. 2010. Web. 21 June 2012. <<http://www.water.vic.gov.au/initiatives/desalination/desalination>>.
- Grey, D., "The World Bank and Water Resources: Management and Development". Presentation at World Bank Water Week.2004.
- Heimbuch, Jaymi. "New Australian Desalination Plant Will Use 100% Renewable Energy."TreeHugger. Treehugger, 10 July 2009. Web. 21 June 2012. <<http://www.treehugger.com/clean-water/new-australian-desalination-plant-will-use-100-renewable-energy.html>>
- Heinz, I., Salgot M., Mateo-Sagasta Davila, J. "Evaluating the costs and benefits of water exchange projects involving cities and farmers. *Water International*". 36 (2011): 455-466
- "How to Conserve Water and Use It Effectively." *Environmental protection agency*. United States Environmental Protection Agency, 2012. Web. 30 Jun 2012. <<http://water.epa.gov/polwaste/nps/chap3.cfm>>.
- Hutton, G. and Bartram, J. Regional and global costs of attaining the water supply and sanitation target (target 10) of the Millennium Development Goals. World Health Organisation. 2008a
- http://www.who.int/water_sanitation_health/economic/cba_interventions/en/index.html

Jägerskog, Anders. "Mena Water Overview: Trans boundary Cooper action, I WRM and Opportunities for Swedish Engagement." *Stockholm International Water Institute*. (2007): n. page. Web. <http://www.siwi.org/documents/Resources/Papers/Paper12_MENA_Water_Overview_2007.pdf>.

Julia Bucknall Lead Natural Resources Management Specialist MNSDD World BankJbucknall@worldbank.org

Knights, D., I. MacGill, and R. Passey. "The sustainability of desalination plants in Australia: is renewable energy the answer?." (2006): <http://www.ceem.unsw.edu.au/content/userdocs/ozwaterpaperimrp_000.pdf

M. Wilf, Optimization of seawater RO systems design. *Desalination*, 138 (2001) 299–306.

Libhaber, M., and M. Michail. "Innovative Methods in Waste- water Treatment for Agricultural Reuse in Israel." In *Water Reuse Symposium IV*, Denver, CO. 1987

Marsden Jacob Associates, *Securing Australia's Urban Water Supplies: Opportunities and Impediments*. A discussion paper prepared for the Department of the Prime Minister and Cabinet (available at <http://www.environment.gov.au>)

Mcornick, P.G., N. Haddadin, and R. Sabella. "Water Reuse Options in the Jordan Valley: Water Reuse Component." Ministry of Water and Irrigation, Jordan; USAID, Jordan and Vermont. 2001b

Ménard, C. and Saleth, R.M. The effectiveness of alternative water governance arrangements. 2010

Moatty, Nessim. "Water management and desalination in Israel." *Desalination*. (2001): 101-104. Print.

Moustakbal, Jawad. "Water resources and climate change in MENA region ." *Committee for the Abolition of Third World Debt*. (2009): n. page. Web. 30 Jun. 2012. <<http://www.cadtm.org/Water-resources-and-climatechange,5080>>.

Nazzal, Y., M. Mansour, M. Al Najjar, and P.G. McCornick. "Wastewater Reuse Law and Standards in the Kingdom of Jordan." Ministry of Water and Irrigation, Amman. Amman–Zarqa Sources: Water Reuse Component." 2000

Neumann, J.E., Yohe, G., Nicholls, R., and Manion, M. "Sea-Level Rise & Global Climate Change: A Review of Impacts to U.S. Coasts." Prepared for the Pew Centre on Global Climate Change. 2000.

C.F: <http://www.pewclimate.org> (accessed April 23, 2008)

Pagiola, S. G. Acharya, and J. Dixon. Forthcoming. *Economic Analysis of Environmental Impacts*. London: Earthscan

Pare, J.. "Energy Source Cost Comparisons." . N.p., 2007. Web. 30 Jun 2012. <http://des.nh.gov/organization/divisions/water/wmb/coastal/ocean_policy/documents/te_workshop_cost_compare.pdf>.

Rabinovitch, Ari. "Desalination plant could make Israel water exporter." Reuters. N.p., 2011. Web. 21 Jun 2012. <<http://www.reuters.com/article/2011/12/06/us-israel-desalination-idUSTRE7B50V520111206>>.

Sachs, J.D. *Macroeconomics and health: Investing in health for economic development*. Report of the Commission on Macroeconomics and Health prepared for WHO. 2001

Seimens, *Business Opportunities and Corporate Responsibility*, presentation at the IDA & GWI Conference Water Finance & Sustainability 2008, London, April 2008

Semiati R., *Desalination: present and future*, *Water International*, 25(1) (2000) 54–65.

Shetty, S. "Treated Wastewater Use in Tunisia: Lessons Learned and the Road Ahead." In *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities* (eds. C.A. Scott, N.I. Faruqui, and L. Raschid-Sally), CABI Publishing. 2004.

Silva, Patricia, and Stefano Pagiola. "A Review of the Valuation of Environmental Costs and Benefits in the World Bank Projects." *Environmental Economics Series* (2003): n.pag. *The international Bank for Reconstruction*. Web. 30 Jun 2012. <http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/06/17/000009486_20040617154708/Rendared/PDF/293490EDP010940Valuation01Public1.pdf>.

TEEB for National and International Policy Makers. Summary: Responding to the Value of Nature. TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2009), <<http://www.teebweb.org/LinkClick.aspx?fileticket=l4Y2nqqliCg%3d&tabid=1019&language=en-US>>

The Adaptive Water Resource Management Handbook Edited by Mysiak J., Henrikson H. J., Sullivan C., Bromley J. and Pahl-Wostl C. London • Sterling, VA First published by Earthscan in the UK and USA in 2010

Tolba, M., Saab, N., (editors), 'Arab Environment Future Challenges', 2008 Report of the Arab Forum for Environment and Development, 2008, available at <http://www.afedonline.org>.

Towards a Green economy, Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication, UNEP 2011

Tropp, H. and Jägerskog, A. "Meeting the Water Scarcity Challenges in the Middle East and North Africa" Prepared for the Human Development Report. Submitted to Journal of Human Development.

UNEP, Water Investing in Natural Capital, Green Economy, 2011 http://www.unep.org/greeneconomy/Portals/88/documents/ger/ger_final_dec_2011/4.0-WAT-Water.pdf

Vermont. McCornick, P.G., N. Haddadin, and R. Sabella. "Water Reuse Options in the Jordan Valley: Water Reuse Component." Water and Irrigation, Jordan; USAID, 2001b

Wangnick/GWI. 2005. 2004 Worldwide desalting plants inventory. Global Water Intelligence. Oxford, England. (Data provided to the Pacific Institute and used with permission.)

Water Efficiency Handbook, Identifying opportunities to increase water use efficiency in industry, buildings, and agriculture in the Arab World. AFED, 2010

Water in the Arab World: Management Perspectives and Innovations: Edited by N. Vijay Jagannathan, Ahmed Shawky Mohamed, Alexander Kremer, 2009.

Water tight 2012, The top issues in the global water sector, Deloitte, Global Services Limited, 2012 <http://www.deloitte.com/assets/Dcom-Global/Local%20Assets/Documents/Energy_Resources/dttl er WaterTight2012.pdf>.

Wittholz, Michelle K., Brian K. O'Neill, Chris B. Colby, and David Lewis. "Estimating the cost of desalination plants using a cost database." Desalination. (2007): 10-20. Print.

Yang H., K.C. Abbaspour, Analysis of Wastewater Reuse Potential in Beijing, Desalination, 212, pp.238-250. 2008

Y. Zhou and R.S.J. Tol, Implications of desalination for water resources in China — An economic perspective. Desalination, 164 (2004) 225-240.