



Série des Livrets TNA



Technologies pour l'Adaptation aux Changements Climatiques

– Le Secteur de l'Eau –



**UNEP
RISØ
CENTRE**

ENERGY, CLIMATE
AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT



UNC
WATER INSTITUTE

Technologies pour l'Adaptation aux Changements Climatiques

– Le Secteur de l'Eau –

Auteurs

Mark Elliott, Andrew Armstrong, Joseph Lobuglio et Jamie Bartram
L'Institut de l'Eau de l'Université de Caroline du Nord à Chapel Hill

Editeurs

Thanakvaro De Lopez
Le Centre PNUE de Risoe

Relecture

Sergio Santos
Terrasystemics

Sau Sisovanna
Université Nationale de Gestion du Cambodge

Avril 2011



Le Centre du PNUE à Risoe pour l'Énergie, le Climat et le Développement Durable
Laboratoire National DTU à Risoe pour les Énergies Renouvelables
Boîte Postale 49
4000 Roskilde
Danemark
Téléphone +45 4677 5129
Fax +45 4632 1999
<http://www.uneprisoe.org/>
<http://tech-action.org/>

ISBN: 978-87-93130-44-9

Design et production:

Magnum Custom Publishing
New Delhi, Inde
info@magnumbooks.org

Photos:

Photo de couverture — Goutte sur une feuille de muguet. Photo utilisée avec la permission de Vlieg. Domaine Public.

Quatrième de couverture — Terre sèche dans le Désert du Sonora, Mexique. Photo utilisée avec la permission de Tomas Castelazo. Creative Commons 3.0 Unported.

Ce livret peut être téléchargé à l'adresse suivante: <http://tech-action.org/>

Veuillez bien vouloir utiliser la référence suivante si vous désirez citer le guide:

Elliot, M., Armstrong, A., Lobuglio, J. et Bartram, J. (2011). Les Technologies pour l'Adaptation au Changement Climatique —Le Secteur de l'Eau. T. De Lopez (Ed.). Roskilde: Centre du PNUE à Risoe.

Clause de Non-Responsabilité:

Ce livret vise à constituer un point de départ pour les gouvernements des pays en développement, les planificateurs, et les parties prenantes qui mènent des évaluations sur les besoins en technologie et préparent des plans d'actions pour l'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau. Les observations, les suggestions et les conclusions présentées dans cette publication appartiennent entièrement à leurs auteurs et ne sont aucunement attribuables à l'institution ayant financé cette publication, le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM).

Contents

<i>Liste des Figures et Tableaux</i>	<i>iv</i>
<i>Abbreviations</i>	<i>v</i>
<i>Préface</i>	<i>vii</i>
<i>Résumé exécutif</i>	<i>ix</i>
1. Introduction et Plan du Livret	1
2. Résumé des principales conclusions sur les effets prévus du changement climatique dans le secteur de l'eau	3
3. Définition et Typologie des Options et des Pratiques d'Adaptation dans le Secteur de l'Eau	6
4. Description d'Onze Technologies et Pratiques Concrètes d'Adaptation dans le Secteur de l'Eau	13
Les Forages/Puits tubulaires pour l'Approvisionnement en Eau des Ménages en période de Sécheresse	14
Le Dessalement	20
Le Traitement et le Stockage Adéquat de l'Eau Potable des Ménages (HWTS)	28
Améliorer la Résistance des Puits Protégés contre les inondations	36
Favoriser l'Utilisation de Dispositifs de Plomberie et d'Appareils Economiseurs d'Eau	42
La Gestion, la Détection et la Réparation des Fuites dans les Réseaux de Canalisations	50
Le Soutien Post-construction (SPC) pour les Systèmes d'Approvisionnement en Eau à Gestion Communautaire	56
La Collecte des Eaux de Pluie à Partir de Contenants sur le Sol —Petits Réservoirs et Micro-bassins	62
La Collecte des Eaux de Pluies à partir des Toits	68
La Récupération et	76
Les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP)	86
5. La Mise en Œuvre des Technologies et Pratiques d'Adaptation au Changement Climatique	93
6. Conclusions	104
7. Références	105
Annexe I : Glossaire	125
Annexes II: Sources d'Informations Supplémentaires Conseillées	130
Annexes III : Modèles de Prise de Décision — GIRE et WSP	132

Liste des Figures et Tableaux

Liste des Figures

Figure 1:	Un schéma illustrant la distillation de l'eau, le processus le plus simple de dessalement thermique.	21
Figure 2:	Un schéma simple de l'osmose inverse, le procédé à membrane le plus couramment utilisé pour le dessalement.	22
Figure 3:	Photo aérienne de l'usine de dessalement d'eau de mer à Perth, en Australie occidentale. Cette usine utilise l'osmose inverse pour dessaler l'eau de mer.	23
Figure 4:	Capacité mondiale de dessalement (en volume) par procédé, en 2005.	23
Figure 5:	Coupes transversales et photographies des quatre technologies populaires POU.	29
Figure 6:	Le Pureit (à gauche) peut être utilisé pour traiter environ 1500 litres d'eau (selon le modèle).	30
Figure 7:	Pompe à main anti-inondation à Bahraich, Uttar Pradesh, Inde.	38
Figure 8:	Consommation industrielle par rapport au PIB par habitant aux EUA, RU, Japon et aux Pays-Bas.	43
Figure 9:	Les toilettes Aqus™ utilisent l'eau grise de l'évier pour la chasse d'eau.	44
Figure 10:	Caractéristiques de base d'un système CEP pour une maison individuelle.	70
Figure 11:	Graphique schématique du coût relatif du récipient de stockage par rapport à sa taille (en jours de stockage) et à la qualité de la construction.	73
Figure 12:	Cadre pour un approvisionnement salubre en eau potable	87
Figure 13:	Les Etapes de développement d'un WSP	89

Liste des Tableaux

Tableau 1:	Typologies des onze technologies et pratiques d'adaptation décrites en détail dans le Chapitre 4.	8
Tableau 2:	Notation de technologies classiques de traitement des eaux au point d'utilisation, basée sur des critères de durabilité.	30
Tableau 3:	Le gouvernement américain a fixé des normes d'utilisation rationnelle de l'eau minimales pour tout nouveau dispositif de plomberie. Ces normes sont rentrées en vigueur en 1992.	45
Tableau 4:	Traitements de Récupération de l'Eau et Utilisations Suggérées	79

Abbreviations

BSF	Filtre à Eau à Sable Bio
CAWST	Centre de Technologies d'Assainissement et de l'Accès à l'Eau (Centre for Affordable Water and Sanitation Technology)
CCP	Point de Contrôle Critique (Critical Control Point)
CCV	Coût du Cycle de Vie
CDC	Centres Américains de Contrôle et de Prévention des Maladies (The United States Center for Disease Control and Prevention)
CEP	Collecte des Eaux de Pluies
COP	Conférence des Parties (CdP) (Conference of the Parties)
DFID	Département du Développement International Britannique (UK Department for International Development)
DQEB	Directives Internationales de l'OMS pour la Qualité de l'Eau potable
ED	Electrodialyse
EIE	Évaluation de l'Impact Environnement environnemental
EKC	La Courbe Environnementale de Kuznets (Environmental Kuznets Curve)
ENACAL	Entreprise Nicaraguayenne d'Aqueducs et d'Egouts (Empresa Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados)
ENC	Eau Non-comptabilisée
EST	Technologie Respectueuse de l'Environnement (Environmentally Sound Technology)
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (United Nations Food and Agriculture Organization)
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat
GIRE	Gestion Intégrée des Ressources en Eau
GPR	Géoradar (Ground Penetrating Radar)
HWTS	Traitement et Stockage Adéquat de l'Eau des Ménages (Household Water Treatment and Safe Storage)
IWA	Association Internationale pour l'Eau (International Water Association)
MEE	Evaporation à Multiple Effets (Multiple-effect Evaporation)
MIT	Institut de technologie du Massachusetts (Massachusetts Institute of Technology)
MON	Matière Organique Naturelle
MSF	Distillation Flash à Multi-étages (Multi-stage Flash distillation)

NF	Nano filtration
NRW	Eau Non Génératrice de Revenu (Non-revenue Water)
O&M	Opération et Maintenance
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
OI	Osmose Inverse
OPS	Organisation Panaméricaine de la Santé
PATH	Programme de Technologie Appropriée de la Santé (Program for Appropriate Technology in Health)
PIB	Produit Intérieur Brut
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POU	Point d'utilisation (Point of Use)
SODIS	Désinfection solaire (Solar Disinfection)
SPC	Soutien Post-construction
TDS	Teneur Totale en Particules Solides Dissoutes (Total dissolved solids)
UE	Union Européenne
UNC	Université de Caroline du Nord à Chapel Hill (University of North Carolina at Chapel Hill)
USAID	Agence Américaine pour le Développement International (US Agency for International Development)
USEPA	Agence Américaine de Protection de l'Environnement (United States Environmental Protection Agency)
USGS	Bureau des Etudes géologiques des Etats-Unis (US Geological Survey)
VCD	Distillation par Compression de Vapeur (Vapour Compression Distillation)
WEDC	Centre de l'Eau, de la Technologie et du Développement (Water, Engineering and Development Centre)
WERF	Fondation de recherche pour l'environnement de l'eau (Water Environment Research Foundation)
WSP	Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (Water Safety Plans)

Préface

Les statistiques sont éloquentes: les ressources et les réserves d'eau constitueront un problème de plus en plus important face au changement climatique. Et ce sont les populations les plus pauvres et les plus vulnérables des pays en voie de développement qui en sont les premières victimes. Avec la croissance démographique et la demande croissante de ressources en eau, ces pays ont un besoin urgent d'accéder à des solutions d'adaptation au changement climatique.

Mais les solutions en tant que telles ne suffisent pas. Les pays en voie de développement ont également besoin d'aide pour identifier quelles sont les options les plus appropriées à chaque situation, et comment intégrer ces mesures dans leurs stratégies d'adaptation au changement climatique. Ce livret est un guide sur les technologies et les pratiques d'adaptation les plus pertinentes pour le secteur de l'eau des pays en voie de développement. En plus d'offrir des descriptions et des explications, ce guide décrit également les étapes pratiques à suivre pour mettre en œuvre ces technologies ; ces étapes sont illustrées par des études de cas. Ce guide examine les besoins institutionnels et les besoins en renforcement des capacités mais aussi les coûts et autres facteurs qui représentent des obstacles potentiels à la mise en œuvre de tels projets. Enfin, le texte est accompagné d'une liste très riche de références à des sources externes et des études de cas.

Nous espérons que cette approche exhaustive fera de cet ouvrage un outil efficace qui se révélera utile pour les décideurs et les planificateurs du secteur de l'eau. Mais nous espérons également que ce guide pourra constituer une ressource précieuse pour la communauté, le village, les collectivités locales, les ONG, et toute personne intéressée par le sujet.

Ce livret a été conjointement rédigé par Mark Elliott, Andrew Armstrong, Joseph Lobuglio et Jamie Bartram, de l'Institut de l'Eau de l'Université de Caroline du Nord, à Chapel Hill, aux Etats-Unis. Cette institution est spécialisée sur les principaux problèmes des secteurs de l'eau et de la santé dans le monde. Son directeur, le Professeur Jamie Bartram, est un expert internationalement reconnu dans ce domaine et a occupé le poste de Président d'ONU-Eau de 2004 à 2006.

Thanakvaro De Lopez, du Centre PNUE Risoe sur l'Energie, le Climat et le Développement durable (CPR), a coordonné la production de ce livret. Sergios Santos, Directeur de Terrasystemics, expert en planification de l'adaptation et spécialiste des pays les moins développés d'Afrique et les petits états insulaires, ainsi que Sau Sisovanna, maître de conférences en processus de planification face au changement climatique à l'Université Nationale du Cambodge, ont contribué à la préparation de cette publication avec de nombreux commentaires et d'importantes suggestions. Nous les remercions vivement de l'aide précieuse qu'ils ont apportée.

Ce livret fait partie d'une série produite par le CPR dans le cadre du projet sur l'évaluation des besoins technologiques (TNA) (<http://tech-action.org/>). Le PNUE et le CPR mènent à bien le projet TNA dans 36 pays en voie de développement. Le financement de ce projet est assuré par le Fonds pour l'environnement mondial (FEM).

Jyoti Prasad Painuly
Chef de Projet
PNUE de Risoe

Mark Radka
Coordinateur du Programme
Energie Centre
PNUE DTIE

Avril, 2011

Résumé exécutif

Ce livret a pour but de fournir des informations techniques sur les technologies les plus appropriées quant à l'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau des pays en développement. Il constitue un guide pratique destiné à une large palette de différents acteurs tels que les agences gouvernementales, les services publics d'approvisionnement en eau, les organisations non gouvernementales et les entreprises du secteur privé.

L'adaptation est un élément fondamental de la réaction humaine au changement climatique. Les effets négatifs du changement climatique dans le secteur de l'eau se font sentir dans le monde entier mais on estime qu'ils seront plus sévères dans les pays les plus pauvres en ressources. Il est donc important d'avoir accès à un large éventail de technologies et de pratiques appropriées et abordables dans des contextes variés. L'échelle de ces technologies/pratiques doit pouvoir alors varier afin que l'on puisse aussi bien les utiliser au niveau des ménages individuels qu'à celui de grandes installations d'une ville ou d'une région (ex.: une station de dessalement), en passant par le niveau de la communauté (par ex. la collecte des eaux de pluie dans de petits réservoirs).

Ce guide examine d'abord les prévisions quant aux effets du changement climatique dans le secteur de l'eau. Il aborde ensuite le rôle de l'adaptation dans le secteur de l'eau ainsi que six typologies dans lesquelles les différentes stratégies sont classées. Onze technologies sont analysées en détail dans ce guide, alors que 4 autres sont traitées de façon plus succincte. Bien que ces technologies ne représentent pas toutes les technologies disponibles dans le secteur de l'eau, elles font partie des technologies d'adaptation les plus importantes pour les pays en développement.

Pour chacune des 11 technologies et pratiques d'adaptation, les éléments suivants sont abordés: une brève description, sa contribution au changement climatique et au développement, ses besoins au niveau institutionnel et au niveau du renforcement des capacités, ses coûts, les facteurs favorisant ou empêchant sa mise en œuvre, ainsi que de nombreuses références à des ressources externes et à des études de cas.

L'adaptation ne doit pas être perçue comme le simple fait d'appliquer les bonnes technologies/pratiques. L'adaptation doit faire partie d'une stratégie cohérente et intersectorielle afin d'assurer l'approvisionnement en eau potable et des ressources en eau pérennes. Par conséquent, les outils de planification et d'aide à la prise de décision pour l'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau sont également pris en compte. On utilisera la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) comme cadre général d'aide à la prise de décision concernant les ressources en eau et l'adaptation au changement climatique. De la même façon, nous proposons d'utiliser les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP) comme approche pour l'adaptation au changement climatique en matière de qualité et d'approvisionnement en eau.

Ce livret, ou guide, a été élaboré dans le cadre d'un programme plus vaste sur l'analyse des besoins techniques et sur le transfert des technologies.¹ D'autres livrets, y compris celui sur l'adaptation dans les zones côtières et celui concernant le secteur de l'agriculture, ont été élaborés simultanément.² Par conséquent, ce guide n'aborde pas les méthodes pour améliorer l'efficacité des irrigations agricoles. De

la même façon, les conséquences de la hausse du niveau de la mer et de l'augmentation du nombre de tempêtes côtières ne sont traitées que dans la mesure où celles-ci ont un impact sur les ressources d'eau douce et sur l'approvisionnement en eau.

Les technologies et les pratiques décrites dans ce livret sont très variées. Cependant nous avons identifié des thèmes récurrents qui peuvent améliorer l'efficacité et l'efficience de l'adaptation. Parmi ces thèmes, nous retrouvons l'importance des étapes préliminaires telles que la collecte de données et la connaissance des ressources en eau existantes. La GIRE et les WSP permettent là aussi d'apporter un cadre pour pouvoir aborder ces étapes préliminaires. De plus, les politiques locales et les cadres juridiques peuvent avoir un effet notoire sur l'efficacité de nombreux efforts d'adaptation.

	La Diversification de l'Approvisionnement en Eau	La Réalimentation des Eaux Souterraines	La Préparation pour affronter des Phénomènes Météorologiques Extrêmes	La Résistance à la Dégradation de la Qualité de l'eau	Le Contrôle et La Rétention des Eaux Pluviales	La Préservation de l'Eau
Les Forages/Puits tubulaires pour l'Approvisionnement en Eau des Ménages en Période de Sécheresse			●			
Le Dessalement	●			●		
Le Traitement et le Stockage Adéquat de l'Eau des Ménages (HWTS)				●		
Améliorer la Résistance des Puits Protégés contre les Inondations			●	●		
Favoriser l'Utilisation de Dispositifs de Plomberie et d'Appareils Economiseurs d'Eau						●
La Gestion, la Détection et la Réparation des Fuites dans les Réseaux de Canalisations				●		●
Le Soutien Post-construction (SPC) pour les Systèmes d'Approvisionnement en Eau à Gestion Communautaire	●		●	●		
La Collecte des Eaux de Pluie à Partir de Contenants sur le Sol—Petits Réservoirs et Micro-bassins	●	●			●	
La Collecte des eaux de pluie à partir des Toits	●	●		●	●	
La Récupération et la Réutilisation de l'Eau	●	●		●		
Les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP)			●	●		

1. Introduction et Plan du Livret

Ce livret est un guide qui vise à fournir des informations spécialisées et des conseils pratiques concernant l'adaptation au changement climatique à tous les intervenants du secteur de l'eau. Son objectif est de constituer une ressource facilement accessible qui puisse aider les lecteurs à développer et à approfondir leurs connaissances de base sur les technologies et les pratiques d'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau des pays en voie de développement.

On s'attend à ce que le changement climatique ait des effets néfastes sur les ressources et l'approvisionnement en eau. D'autres facteurs de pression sur l'eau tels que la croissance de la population et l'augmentation de la demande par habitant, vont exacerber ces effets.³ Une incidence négative importante sur le secteur de l'eau est donc inévitable.⁴

Dans le premier et le second rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), l'adaptation a été identifiée comme un élément important en réponse au changement climatique. Cependant, les premières négociations mondiales sur le changement climatique ont principalement et exclusivement focalisé sur l'atténuation des effets.⁵ La Conférence des Parties en 2001 et 2002 (respectivement COP7 et COP8) a conduit à mettre davantage l'accent sur l'adaptation ainsi que sur son financement. La Déclaration de Delhi pendant la COP8 déclare que l'adaptation est une « haute priorité » pour les pays en développement et demande « à la communauté internationale de porter urgemment son attention et ses actions sur celle-ci ».⁶

L'ampleur et la localisation des effets du changement climatique dans le secteur de l'eau sont incertaines. C'est pour cette raison que les stratégies d'adaptation dites « sans regret » sont particulièrement attrayantes. Les stratégies « sans regret » sont celles qui « généreraient des avantages sociaux et/ou économiques nets, indépendamment de si, oui ou non, le changement climatique a lieu. »⁷ L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et le Département du Développement International Britannique (DFID, acronyme anglais) estime que l'adaptation au changement climatique est une opportunité de se concentrer davantage sur la santé, le développement et la pérennité des ressources en eau, et de progresser ainsi sur ces thèmes.⁸

Ce guide comprend une discussion détaillée sur les onze pratiques et technologies d'adaptation dans le secteur de l'eau. L'adaptation au changement climatique est définie par le GIEC comme étant « l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques réels ou potentiels et à leurs effets, qui minimise les dégâts ou qui met à profit des opportunités bénéfiques. »⁹

Le plan du livret est le suivant:

Le chapitre 2 comprend un résumé des effets du changement climatique sur le secteur de l'eau. Les ressources principales utilisées pour la rédaction de ce chapitre furent le chapitre sur les ressources en eau du Quatrième Rapport d'Évaluation du GIEC, ainsi que de la documentation pertinente et récente.

Le chapitre 3 débute avec une brève introduction sur la réponse humaine au changement climatique, en mettant l'accent sur l'adaptation dans le secteur de l'eau. Cette introduction est suivie de la description

des six typologies d'adaptation et du rôle qu'elles jouent pour que les ressources en eau soient moins vulnérables face au changement climatique. Chacune des 11 technologies et pratiques décrites en détail au chapitre 4 est classée dans une ou plusieurs de ces typologies. Quatre stratégies d'adaptation supplémentaires, qui n'ont pas été analysées en détail au chapitre 4, sont brièvement décrites. La conclusion du chapitre 4 est un appel à prendre en considération les effets que les technologies d'adaptation peuvent avoir sur les mesures d'atténuation.

Dans le chapitre 4, onze des technologies et pratiques d'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau sont décrites en détail. Chaque description inclut une brève introduction/description, leur contribution au changement climatique et au développement, les besoins institutionnels et en renforcement de capacité, les coûts, les facteurs favorisant ou gênant leur mise en œuvre, ainsi que des références externes à des ressources et des études de cas.

Le chapitre 5 nous guide sur comment mettre en œuvre les technologies et les pratiques décrites au chapitre 4. Pour chacune des 11 technologies/pratiques, les étapes pratiques, ainsi que les contextes et les parties prenantes les plus pertinents pour leur mise en œuvre sont exposés.

Le chapitre 6 comprend une évaluation des conclusions générales ainsi que des recommandations concernant les technologies et les pratiques d'adaptation dans le secteur de l'eau.

La dernière partie du livret inclut une liste de références et deux annexes. L'annexe I comprend un glossaire de termes techniques ; l'annexe II constitue une liste de ressources supplémentaires qui peuvent contribuer à l'identification, la hiérarchisation et la mise en œuvre de technologies dans le secteur de l'eau. Parmi ces ressources, on trouve une brève description de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) et des Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP), cadres holistiques qui permettent d'aborder l'adaptation au changement climatique de façon à ce qu'elle soit liée aux questions de quantité et de qualité de l'eau.

2. Résumé des principales conclusions sur les effets prévus du changement climatique dans le secteur de l'eau

C'est essentiellement via l'eau que le changement climatique va avoir le plus d'influence sur l'écosystème de la Terre et donc, par voie de conséquences, sur les moyens de subsistance des êtres humains et de leur bien-être.¹⁰ D'après le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), plusieurs chercheurs ont conclu que « avec les changements climatiques, la quantité et la qualité de l'eau constitueront les principales pressions sur les sociétés et sur l'environnement ».¹¹ Les recherches relatives au climat apportent des preuves convaincantes que l'augmentation des températures mondiales a un impact certain sur les cycles hydrologiques du monde entier. Même si les augmentations varient, on prévoit que la température moyenne augmente sur tous les continents et à toutes les saisons. L'augmentation des températures implique l'évaporation de l'eau, la fonte des glaciers et la dilatation thermique des océans. Elle amplifie également la capacité de l'eau à garder de la vapeur dans l'atmosphère, ce qui a pour conséquence d'augmenter la variabilité climatique et d'intensifier le cycle hydrologique.¹²

Même si les prévisions indiquent une augmentation des températures à l'échelle mondiale, les effets de cette augmentation sur les précipitations varient d'une région à l'autre. Les effets des augmentations de la température varieront aussi selon les saisons ; dans certaines régions, on prévoit que les précipitations augmentent à certaines saisons mais baissent à d'autres. Bien que le domaine de la modélisation climatique ait beaucoup progressé ces dernières années, les prévisions quantitatives des changements concernant les précipitations, le débit des rivières et les niveaux de l'eau, restent très incertaines.¹²

Malgré l'incertitude inhérente aux prévisions climatiques, le GIEC affirme avec grande assurance que les impacts négatifs du changement climatique sur les ressources en eau et sur les écosystèmes d'eau douce dans le monde entier, vont largement contrebalancer ses effets positifs. A l'échelle mondiale, les zones dans lesquelles on prévoit une baisse des précipitations et du ruissellement risquent de moins pouvoir profiter des ressources en eau douce. Quant aux régions qui bénéficieront d'un ruissellement annuel plus important, l'avantage qu'elles auraient pu tirer de l'augmentation du débit d'eau, sera probablement contrebalancé par les effets néfastes d'une plus grande variabilité des précipitations et des changements du ruissellement saisonnier sur les ressources en eau, sur la qualité de l'eau et sur les risques d'inondations.¹²

Les discussions sur les effets du changement climatique sur les ressources en eau ont été classées en 4 catégories distinctes: l'augmentation de l'intensité des précipitations, la diminution des débits fluviaux, une plus grande variabilité des précipitations, et l'augmentation du niveau de la mer. Les principaux effets de ces quatre catégories sur le secteur de l'eau sont examinés ci-dessous. Bien que les effets sur le secteur de l'eau puissent être anticipés dans certains domaines, il est important de comprendre que la présence d'une catégorie n'engendre pas une tendance climatique globale.

L'augmentation de l'intensité des Précipitations: Le GIEC prévoit, avec une grande certitude, que le changement climatique engendra une augmentation de l'intensité des précipitations.¹² Les effets prévus sur le secteur de l'eau comprennent:

- Une augmentation des risques d'inondations qui peuvent causer des dommages aux infrastructures et provoquer la contamination des ressources en eau, ainsi que la pollution de l'environnement. Les systèmes de canalisation des eaux usées combinant égouts sanitaires et pluvieux, sont tout particulièrement susceptibles de déborder et de répandre une contamination fécale. Aux Etats-Unis d'Amérique, 20 à 40% des épidémies de maladies d'origine hydrique sont associées aux précipitations extrêmes.¹² Bien que nous possédions moins de données en ce qui concerne les pays en développement, il est prouvé que l'excès de précipitations conduit à une augmentation d'environ 10% des taux de maladies diarrhéiques.¹³
- L'augmentation du ruissellement qui limitera l'infiltration et la réalimentation des aquifères souterrains.
- Une plus grande circulation de fertilisants, de déchets animaux et de particules dans les approvisionnements en eau. Une plus grande concentration de nutriments dans les eaux de surface qui conduira à une augmentation accrue de microbes et à l'épuisement de l'oxygène dissous.

Une variabilité plus importante des précipitations: Le GIEC prévoit une variabilité plus importante des précipitations, y compris des changements concernant les pluies saisonnières.¹² À travers le monde entier, les sociétés et les économies se sont développées sur la base de l'évolution historique de la disponibilité de l'eau. Bien que ceci soit particulièrement vrai pour l'agriculture non irriguée, il n'en est pas moins vrai pour le secteur de l'eau.

- Les approvisionnements en eau conçus à partir des prévisions des précipitations et de la fonte des neiges vont probablement voir augmenter leurs besoins en réservoirs de stockage et/ou devoir rechercher des ressources en eau supplémentaires.¹⁴
- Des sécheresses plus longues sont probables, même dans les régions où les précipitations annuelles nettes ne changent pas.
- Dans de nombreuses régions, on prévoit une baisse encore plus prononcée des ressources en eau douce, ceci du à une augmentation des débits hivernaux en période de basses eaux, proportionnelle à la diminution des stocks de neige/glace.¹²
- Les risques associés à des précipitations plus importantes touchent principalement des changements quant à la distribution (intensité) de l'eau. Ces risques sont traités ci-dessus dans la section « Augmentation de l'Intensité des Précipitations ».

La baisse des débits fluviaux: On observe une tendance à la baisse des précipitations dans les pays dont la latitude est entre 10°S et 30°N, et ce phénomène risque de s'accroître. On prévoit que beaucoup de régions au climat aride ou semi-aride (par ex. l'Afrique Australe, le nord-est du Brésil ou le Bassin Méditerranéen) vont devoir faire face à des ressources en eau diminuées. On estime que la disponibilité en eau et le ruissellement des rivières dans certaines régions de moyennes latitudes et dans les tropiques à climat sec, auront diminués entre 10 et 30% en 2050, y compris dans les régions qui souffraient déjà de problèmes d'approvisionnement en eau.¹⁵

- La baisse annuelle des précipitations, en particulier lorsqu'elle est combinée avec une croissance et une affluence croissante de la population, peut rapidement avoir pour conséquence le déclin rapide de la disponibilité en eau par habitant. On estime que jusqu'à deux tiers de la population mondiale pourraient vivre dans des situations de stress ou de pénurie hydrique d'ici 2025.¹⁶
- On estime que l'alimentation des nappes d'eau va considérablement baisser dans certaines régions qui subissent des situations de stress hydrique. De plus, l'épuisement des nappes phréatiques risque d'être exacerbé puisque la baisse de la disponibilité en eaux de surface entraîne leur surexploitation.¹²

- Les bas débits, l'augmentation de la concentration de fertilisants et l'augmentation des temps de résidence risquent également de toucher sévèrement la qualité des sources d'eau de surface.

La hausse du niveau de la mer: Les effets de la hausse du niveau de la mer sur les zones côtières sont traités dans le guide intitulé « Les Technologies pour l'Adaptation au Changement Climatique - L'érosion et l'inondation des côtes. »¹⁷ Mais la hausse du niveau de la mer va aussi toucher le secteur de l'eau. Les zones côtières ont généralement des ressources limitées en eau et connaissent une rapide augmentation de leur population.¹²

- La hausse du niveau de la mer va engendrer une plus grande augmentation de la salinisation des nappes phréatiques ainsi que la baisse des ressources en eau douce dans les régions côtières.¹²
- La hausse du niveau de la mer augmente aussi la salinisation des eaux de surface des zones côtières. Ce phénomène est particulièrement vrai pendant la « saison sèche » dans les régions aux précipitations saisonnières fortes. Dans le Delta du Mékong au Vietnam, l'eau salée s'imisce à plus de 30 km dans les terres pendant la saison sèche.¹⁸
- La hausse du niveau de la mer augmentera la fragilité des ressources en eau douce, des puits d'eau potable et des installations de traitement d'eau durant les tempêtes côtières.

Les différents effets négatifs du changement climatique se produisent en parallèle et interagissent avec les facteurs de stress anthropique. Ces facteurs de stress anthropique peuvent toucher les ressources en eau de façon plus rapide et plus intense que le changement climatique lui-même. Ces facteurs incluent: la croissance de la population, l'augmentation de la demande en eau par habitant, l'urbanisation, la déforestation et le changement de l'utilisation des sols.¹² La croissance de la population, le développement économique et le développement de l'agriculture irriguée ont augmenté les demandes en eau, ce qui entraîne un niveau d'exploitation des nappes phréatiques insoutenable et le déclin de ces nappes dans plusieurs régions du monde.¹⁹

Assurer un approvisionnement adéquat en eau nécessitera alors des investissements importants. Beaucoup de pays dans lesquels le secteur de l'eau risque d'être le plus sévèrement touché par les changements climatiques sont aussi les pays très pauvres en ressources. De récentes recherches indiquent que les estimations du coût pour l'adaptation des ressources en eau dans les pays en développement dépassent celles des pays riches, que cela soit en valeurs absolues ou en pourcentage du PIB. Il a été évalué que les coûts d'adaptation les plus importants concernent l'Afrique subsaharienne, ce qui donne particulièrement à réfléchir.²⁰ Cependant, ces estimations sont basées sur les coûts de solutions coûteuses et complexes dites « *hard-path* » telles que le dessalement ou l'augmentation de la capacité des réservoirs, et ne prennent pas en considération des stratégies de préservation ou d'autres solutions dites « *soft-path* », c'est à dire suivant une approche par « la voie douce ».

L'adaptation dans le secteur de l'eau doit comprendre diverses approches au changement climatique pour pouvoir assurer la résilience de l'approvisionnement en eau. Bien que certains pays auront besoin d'aide pour soutenir leurs efforts d'adaptation, des technologies et des pratiques appropriées et abordables sont disponibles dans pratiquement n'importe quel contexte. Les différentes approches d'adaptation au changement climatique sont examinées au chapitre 3.

3. Définition et Typologie des Options et des Pratiques d'Adaptation dans le Secteur de l'Eau

L'Adaptation au Changement Climatique

Les premières stratégies de lutte contre le changement climatique portaient quasi exclusivement sur l'atténuation (la réduction des effets de serre dans l'atmosphère). Au cours des dernières années, plus de ressources ont été consacrées à l'adaptation des humains et des systèmes naturels aux effets anticipés du changement climatique. Pendant la Conférence des Parties à Marrakech (COP7) en 2001, trois fonds spécifiques ont été créés afin de soutenir la mise en œuvre d'une évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation. Depuis, l'adaptation a pris de plus en plus d'importance dans les stratégies internationales qui servent à répondre aux effets du changement climatique.²¹

Il existe maintes définitions de l'adaptation au changement climatique et celles-ci varient selon les organisations. Un rapport publié par l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) comprend une discussion des différentes définitions de l'adaptation et de leurs implications sur les politiques menées et leur mise en œuvre.²¹ Nous avons choisi d'utiliser la définition donnée par le Quatrième Rapport d'Évaluation du GIEC (Section G: Définition des termes clés) et qui est la suivante:

« L'adaptation est l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse aux stimuli climatiques réels ou futurs, ou de leurs effets, qui puisse atténuer les effets néfastes ou exploiter des opportunités bénéfiques. »²²

L'Adaptation dans le Secteur de l'Eau

Le résumé du GIEC à l'intention des décideurs nous apporte des exemples de stratégies d'adaptation dans le secteur de l'eau: le développement de la collecte d'eau de pluie ; le stockage de l'eau et des techniques de conservation ; la réutilisation de l'eau ; le dessalement ; une utilisation plus efficace de l'eau ; et une plus grande efficacité de l'irrigation.²³ L'irrigation des cultures agricoles représente environ 69% de la consommation mondiale d'eau douce. L'efficacité de l'irrigation constitue donc un élément essentiel des efforts de préservation de l'eau.²⁴ Les interventions dans le secteur de l'agriculture ne seront cependant pas abordées ici ; elles seront traitées dans un autre livret qui complète celui-ci.²⁵

L'adaptation dans le secteur de l'eau apporte de nombreuses opportunités pour ce que l'on appelle les actions d'adaptation « sans regret ». Une adaptation « sans regret » est celle qui « générerait des avantages sociaux et/ou économiques, indépendamment de l'effectivité du changement climatique d'origine anthropique ».²⁶ Les interventions d'adaptation qui traitent des questions telles que la résistance aux phénomènes météorologiques extrêmes, la contamination des réserves d'eau potable, ainsi que la diversification et la conservation des ressources en eau, créeront des avantages sociaux, économiques et sanitaires, quelles que soient les scénarios possibles au niveau du changement climatique. Ce cadre d'activités « sans regret » peut jouer un rôle particulièrement important au niveau du financement. Des

exemples où cela s'est avéré être vrai incluent aussi bien des situations où: (1) le changement climatique est un sujet polémique faisant face à beaucoup de scepticisme; et (2) les fonds disponibles dans les secteurs de l'eau peuvent être complétés par des fonds spécifiquement alloués au changement climatique.

Typologies des Technologies/Pratiques d'Adaptation traitées dans ce Livret

Six typologies sont utilisées afin de définir la fonction adaptative à laquelle ces technologies et pratiques contribuent. En plus de ces six typologies pour le secteur de l'eau, toute contribution (positive ou négative) d'une technologie/pratique à des efforts d'atténuation est également incluse. Onze technologies sont décrites en détail au chapitre 4. Ces 11 technologies sont incluses dans le classement en six typologies. La plupart des technologies/pratiques peuvent être classées dans plus d'une typologie car elles contribuent à plus d'un aspect de l'adaptation au changement climatique. Les six typologies sont les suivantes:

- La Diversification de l'Approvisionnement en Eau
- La Réalimentation des Nappes Phréatiques
- La Préparation contre les Phénomènes Climatiques Extrêmes
- La Résistance à la Dégradation de la Qualité de l'Eau
- Le Contrôle et la Rétention des Eaux Pluviales
- La Préservation de l'Eau

En plus de ces 11 technologies et pratiques décrites en détail au Chapitre 4, d'autres stratégies d'adaptation au changement climatique sont pertinentes, et ce, dans de nombreux contextes. Celles-ci sont abordées brièvement à la fin de ce chapitre. Des références à des sources externes seront indiquées pour plus d'informations.

Tableau 1: Typologies des onze technologies et pratiques d'adaptation décrites en détail dans le Chapitre 4.

	La Diversification de l'approvisionnement en eau	La Réalimentation des eaux souterraines	La Préparation pour affronter des phénomènes météorologiques extrêmes	La Résistance à la Dégradation de la Qualité de l'Eau	Le Contrôle et la Rétention des Eaux Pluviales	La Préservation de l'Eau
Les Forages/Puits tubulaires pour l'Approvisionnement en Eau des Ménages en période de Sécheresse			●			
Le Dessalement	●			●		
Le Traitement et le Stockage Adéquat de l'Eau des Ménages (HWTS)				●		
Améliorer la Résistance des Puits Protégés contre les Inondations			●	●		
Favoriser l'Utilisation de Dispositifs de Plomberie et d'Appareils Economiseurs d'Eau						●
La Gestion, la Détection et la Réparation des Fuites dans les Réseaux de Canalisations				●		●
Le Soutien Post-construction (SPC) pour les Systèmes d'Approvisionnement en Eau à Gestion Communautaire	●		●	●		
La Collecte des Eaux de Pluie à Partir de Contenants sur le Sol — Petits Réservoirs et Micro-bassins	●	●			●	
La Collecte des Eaux de Pluies à partir des Toits	●	●		●	●	
La Récupération et la Réutilisation de l'Eau	●	●		●		
Les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP)			●	●		

La Diversification de l'Approvisionnement en Eau: Les prévisions indiquent que les modèles de précipitations devraient devenir beaucoup plus variables dans la plupart des scénarios du changement climatique. Les ressources en eau réagissent de façon très différente aux événements liés aux précipitations. Par exemple, les réseaux de nappes phréatiques réagissent à la sécheresse et aux fortes précipitations d'une façon généralement beaucoup plus lente et beaucoup plus mesurée que les eaux de surfaces.²⁷ Par conséquent, la diversification des ressources utilisées pour l'approvisionnement en eau peut limiter la vulnérabilité au changement climatique. De plus, explorer des alternatives aux ressources d'eau douce (par exemple la réutilisation de l'eau ou le dessalement) peut renforcer la capacité de résistance.

La diversification de l'approvisionnement en eau peut se produire à différentes échelles: de gigantesques projets de barrages pour tout un pays à des actions au niveau des ménages. En outre, il ne faut pas supposer que chaque source d'approvisionnement en eau doit être d'une qualité suffisante pour toutes les utilisations qui en seront faites (par exemple boire et cuisiner). Par exemple, les eaux usées traitées mais non potables peuvent souvent être utilisées en toute sécurité pour l'irrigation. Les technologies et pratiques incluses dans la catégorie de diversification de l'approvisionnement en eau sont les suivantes:

- Le Dessalement
- Le Soutien Post-construction pour les Systèmes d'Approvisionnement en Eau à Gestion Communautaire
- La Collecte des Eaux de Pluies à Partir de Contenants sur le Sol – Petits Réservoirs et Micro-Bassins
- La Collecte des Eaux de Pluies (CEP) à partir des Toits
- La Récupération et la Réutilisation de l'Eau

La Réalimentation des Nappes Phréatiques: En raison de taux d'extraction insoutenables, les nappes phréatiques diminuent dans de nombreuses régions du monde.²⁸ La réalimentation intentionnelle des nappes devient une pratique de plus en plus populaire. Des dispositifs innovants de réalimentation de nappes phréatiques tels que l'utilisation de la collecte des eaux de pluie, la récupération des eaux usées et d'autres méthodes, se sont avérés être un succès pour augmenter le niveau des nappes ou pour prévenir leur épuisement.^{29, 30} Ce type de technologies et pratiques sera traité dans ce livret ; elles comprennent:

- La Collecte des Eaux de Pluies (CEP) à partir du Sol – Petits Réservoirs ou Micro-bassins
- La Collecte des Eaux de Pluie à partir des Toits
- La Récupération et la Réutilisation de l'Eau

La Préparation aux Phénomènes Météorologiques Extrêmes: Les prévisions indiquent que l'intensification du cycle hydrologique mondial va augmenter les risques de phénomènes de grande sécheresse ou, inversement, d'inondations dans plusieurs régions.³¹ Les technologies et pratiques d'adaptation peuvent réduire la vulnérabilité à ce genre de phénomènes climatiques extrêmes:

- Les Forages/Puits tubulaires pour l'Approvisionnement en Eau des Ménages en Période de Sécheresse
- L'Amélioration de la Résistance des Puits Protégés contre les Inondations
- Le Soutien Post-construction pour les Systèmes d'Approvisionnement en Eau à Gestion Communautaire
- Les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP)

La Résistance à la Dégradation de la Qualité de l'Eau: On s'attend à ce que le changement climatique ait des effets négatifs sur la qualité de l'eau. L'augmentation de la température de l'eau, de très fortes précipitations ainsi que des périodes de débit d'eau faible, vont exacerber de nombreuses formes de pollution de l'eau. Les technologies d'adaptation citées ci-dessous peuvent améliorer la capacité de résistance à la dégradation de la qualité de l'eau.

- Le Dessalement
- Le Traitement et le Stockage Adéquat de l'Eau des Ménages (HWTS, acronyme anglais)

- Le Soutien Post-construction (SPC) pour les Systèmes d'Approvisionnement en Eau à Gestion Communautaire
- La Récupération et la Réutilisation de l'Eau
- Les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP)

Le Contrôle et la Rétention des Eaux Pluviales: Afin de prévenir les inondations, la plupart des zones urbaines sont conçues pour que les eaux pluviales et autres eaux de ruissellement soient canalisées à partir de systèmes de drainage, puis conduites jusque dans les cours d'eau loin des villes. Des bassins de rétention, de l'asphalte poreux, des toitures végétales, des galeries d'infiltration et des citernes, peuvent être utilisés pour capter les eaux pluviales et ainsi anticiper un manque potentiel en eau. Les technologies qui peuvent contribuer au captage et au contrôle des eaux pluviales décrites dans ce livret comprennent:

- La Collecte des Eaux de Pluie à Partir de Contenants sur le Sol — Petits Réservoirs et Micro-bassins
- La Collecte des Eaux de Pluie (CEP) à partir des Toits

La Préservation de l'Eau: La consommation d'eau par habitant augmente généralement avec le développement économique du pays. Toutefois, les mesures de préservation dans certains des pays les plus développés ont conduit à une stabilisation et parfois même à une baisse de la consommation d'eau par habitant.^{32, 33} La préservation augmente la capacité de résistance à la sécheresse, empêche l'épuisement des eaux des nappes phréatiques, et peut retarder considérablement le besoin de multiplier les réservoirs d'eau et les installations de traitement de l'eau. Les technologies et pratiques qui contribuent à la préservation de l'eau comprennent:

- La Pratique qui Consiste à Favoriser l'Utilisation de Dispositifs de Plomberie et d'Appareils Economiseurs d'Eau
- La Gestion, la Détection et la Réparation des Fuites, Détection et la Réparation dans les Réseaux de Canalisations

Les Autres Pratiques d'Adaptation dans le Secteur de l'Eau: Les options d'adaptation, qui ont été sélectionnées et traitées en détail au Chapitre 4, sont brièvement décrites ci-dessous. Ces options d'adaptation peuvent être controversées ; elles exigent des cadres juridiques ou des infrastructures qui ne sont pas souvent disponibles et leur mise en œuvre nécessite souvent un contexte très particulier. La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) (voir ci-dessous) peut fournir un cadre afin d'aider à la prise de décision pour chacune de ces approches:

- **Les réservoirs artificiels:** Typiquement créés lors de la construction d'un barrage dans une vallée, les réservoirs artificiels ont le potentiel d'augmenter de façon considérable l'approvisionnement disponible en eau. Cependant, la construction de barrages implique de nombreux effets environnementaux et sociaux négatifs, tels que les inondations et le déplacement de populations. Ces effets négatifs comprennent entre autres des résultats opposés à ceux attendus puisque la construction de certains barrages peut potentiellement augmenter les émissions de gaz à effet de serre, ceci dû à la décomposition de la végétation lorsque la vallée est ennoyée.³⁴ La Commission Internationale des Barrages³⁵ et l'UNEP³⁶ ont développé un cadre de prises de décision concernant la construction de barrages. La Banque Asiatique du Développement a également compilé des publications, des études de cas et des sites Internet sur les barrages ; cette compilation est disponible sur Internet.³⁷
- **La collaboration intersectorielle:** Dans de nombreux pays, les approches de gestion des ressources en eau sont dominées par des divisions sectorielles. L'agriculture, l'approvisionnement en eau municipal, l'industrie, l'énergie et bien d'autres secteurs utilisent, et sont dépendants de

l'accès qu'ils ont aux ressources en eau. Lorsque ces intérêts divergents poursuivent leurs buts de façon indépendante, il en résulte souvent des résultats incohérents ainsi qu'une gestion et une progression fragmentées. La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) (voir ci-dessous) nous fournit un cadre pour pouvoir aborder une approche intersectorielle, quelque soit le contexte.

- **Une meilleure connaissance des ressources et de la demande en eau:** Toute stratégie de gestion de l'eau nécessite de bien comprendre les ressources disponibles en eau et d'anticiper la demande en eau. Le GIEC déclare: « l'information comprenant des données de base géophysiques, hydrométéorologiques et environnementales, ainsi que l'information sur les valeurs sociales, culturelles et économiques mais aussi sur les besoins des écosystèmes, sont cruciales pour que l'adaptation puisse être efficace. »³¹ Par exemple, il est important de connaître les réseaux des nappes phréatiques, l'hydrologie de surface, les dynamiques de salinisation des systèmes côtiers, et d'avoir également une très bonne connaissance de la consommation domestique, industrielle et agricole de l'eau. D'autres exemples soulignant l'importance de la collecte préliminaire de données sont indiqués dans les chapitres 4 et 5.
- **Les marchés de l'eau:** Le Principe No 4 de la Déclaration de Dublin déclare que « L'eau a une valeur économique dans toutes ses formes d'utilisation et doit être reconnue comme une marchandise économique ». ³⁸ La question de savoir qui a le droit d'utiliser une source d'eau bien spécifique est traitée très différemment selon le cadre juridique local. L'utilisation des marchés sur lesquels le droit d'extraire l'eau peut être négocié tel un bien économique a été examinée et mise en place aux Etats-Unis, au Chili, en Australie et ailleurs.^{39, 40, 41, 42} L'application spécifique des marchés de l'eau comme un outil d'adaptation au changement climatique a également été explorée.^{43, 44}

La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) est peut-être l'outil le plus flexible et le plus avancé qui soit pour évaluer les ressources en eau et faire face aux diverses demandes en eau. Le GIEC a reconnu dans son Quatrième Rapport d'Évaluation de 2007 que la GIRE avait le potentiel d'être « un instrument qui peut analyser les mesures d'adaptation au changement climatique », bien qu'il regrette qu'elle ne soit encore qu'au stade d'ébauche.³¹ Depuis 2007, de nombreuses publications sur la GIRE et sur ses applications dans différents contextes ont été diffusées (voir la liste de références pour des exemples représentatifs).^{45, 46} En plus de cela, une façon idéale de se familiariser avec la GIRE et de comprendre comment elle s'applique au processus d'adaptation au changement climatique est de lire les différents manuels⁴⁷ et présentations⁴⁸ développés par Cap-Net, un réseau de l'ONU, et par d'autres organismes internationaux.

Les Effets sur l'Atténuation

Les programmes d'adaptation au changement climatique sont différenciés, à juste titre, de ceux qui sont axés sur l'atténuation. Toutefois, les impacts potentiels des stratégies d'adaptation sur les émissions de gaz à effet de serre ainsi que leurs effets sur les objectifs d'atténuation ne devraient pas être négligés.

Les technologies et pratiques d'adaptation dans le secteur de l'eau qui limitent le volume d'eau transporté, traitée et distribuée, peuvent économiser de l'énergie et réduire les émissions de gaz à effet de serre. Il s'agit notamment des technologies qui préservent l'eau, de celles qui réduisent la demande, ou de celles qui permettent la réutilisation de l'eau locale disponible. Certaines de ces technologies et pratiques sont examinées au chapitre 4 ; elles comprennent les technologies et pratiques suivantes:

- Favoriser l'Utilisation de Dispositifs de Plomberie et d'Appareils Economiseurs d'Eau
- La Gestion, la Détection et la Réparation des Fuites dans les Réseaux de Canalisations
- La Collecte des Eaux de Pluie à Partir de Contenants sur le Sol — Petits Réservoirs et Micro-bassins

- La Collecte des Eaux de pluie à partir de Toits
- La Récupération et la Réutilisation de l'Eau

D'autres technologies d'adaptation à forte consommation énergétique entraînent, par rapport à des technologies similaires, une augmentation des émissions de gaz à effet de serre. Le dessalement en est l'exemple le plus marquant et cette technologie est examinée au Chapitre 4. Les besoins en énergie pour le processus de dessalement peuvent en effet être supérieurs d'un ou de plusieurs ordres de grandeur à ceux des traitements traditionnels de l'eau.⁴⁹ Cependant, il y a des cas où le dessalement peut générer des économies d'énergie ; le dessalement d'eau salée locale peut-être préférable au transport d'eau douce sur de longues distances, en particulier lorsque cela nécessite la construction ou le développement d'infrastructures pour permettre le transport.

4. Description d'Onze Technologies et Pratiques Concrètes d'Adaptation dans le Secteur de l'Eau

Les réponses humaines au changement climatique se divisent en deux grandes catégories: l'atténuation et l'adaptation. L'atténuation est définie par le GIEC comme « la mise en œuvre des politiques visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à améliorer les puits de carbone ». ⁵⁰ L'adaptation est quant à elle définie par le GIEC comme étant « l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques, ou à leurs effets, présents ou futurs, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques. » ⁵¹

L'adaptation fut identifiée dans le premier et le second rapport d'évaluation du GIEC comme un élément important pour faire face au changement climatique. Cependant, les premières négociations et réponses mondiales concernant le changement climatique se sont principalement et exclusivement concentrées sur l'atténuation. ⁵² Les réunions de la Conférence des Parties en 2001 et 2002 (COP7 et COP8, respectivement) ont conduit à mettre davantage l'accent sur l'adaptation et sur son financement. La « Déclaration de Delhi » à la COP8 a déclaré que l'adaptation était une « haute priorité » pour les pays en voie de développement et a demandé à « la communauté internationale de porter de toute urgence son attention et ses actions sur celle-ci ». ⁵³

L'ampleur et la localisation des effets du changement climatique dans le secteur de l'eau sont incertaines mais les ressources sont, elles, bien limitées. Les stratégies d'adaptation dites « sans regret » sont celles qui « généreraient des avantages sociaux et/ou économiques nets, indépendamment de si, oui ou non, le changement climatique a lieu. » ⁵⁴ Plusieurs interventions au niveau de l'eau et de son assainissement ont non seulement prouvé pouvoir générer des effets positifs sur la santé et le développement, mais elles présentent aussi des ratios coûts-avantages très élevés. ⁵⁵ Grâce aux contributions faites pour l'adaptation au changement climatique, beaucoup de ces interventions peuvent désormais prétendre générer des effets bénéfiques supplémentaires. De telles synergies ont amené l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et le Département du Développement International Britannique (DFID) à argumenter que l'adaptation au changement climatique peut être perçue comme une opportunité pour se concentrer davantage sur la santé, le développement et la pérennité des ressources en eau. ⁵⁶

Onze technologies et pratiques sont décrites en détails dans cette section. Elles sont classées par ordre alphabétique et non pas par ordre d'importance.

Les Forages/Puits tubulaires pour l'Approvisionnement en Eau des Ménages en période de Sécheresse

Domaines: Préparation pour affronter des phénomènes météorologiques extrêmes

Terminologie du Glossaire: Forage; Puits tubulaire; Sécheresse ; Stress Hydrique/Pénurie d'Eau

A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

Améliorer l'accès à l'eau souterraine est une stratégie clé pour l'approvisionnement en eau (à la fois potable et non potable) des ménages en période de sécheresse. Par conséquent, les programmes de secours en cas de sécheresse en zones rurales incluent généralement le creusement ou l'élargissement de puits tubulaires et/ou de trous de forages. Cependant, ces activités sont souvent inefficaces et peuvent même être inutiles, comme il est expliqué ci-dessous.⁵⁷ Ce chapitre examine les options pour développer l'accès à l'eau souterraine en période de sécheresse et fournit des références relatives aux mesures d'atténuation en période de pré-sécheresse. Ces mesures d'atténuation peuvent réduire les besoins en mesures d'interventions d'urgence. De brèves définitions de la sécheresse et des différents types de sécheresse sont indiquées dans la section B ci-dessous.

Les puits tubulaires consistent en un tube, ou casing, étroit et renforcé, qui descend dans une zone aquifère souterraine. Le terme puits tubulaire est parfois utilisé comme synonyme de forage. Cependant, les forages sont plus spécifiquement définis comme des puits tubulaires qui traversent le substrat rocheux. Leur casing ne descend pas en dessous de l'interface entre le sol non consolidé et le substrat rocheux. Les puits tubulaires peuvent souvent être installés à la main alors que les forages nécessitent une source d'alimentation externe pour pouvoir être installés. Le choix de la technologie et de la méthode de creusage dépend des coûts, des ressources, de la nappe phréatique, du rendement souhaité et d'autres facteurs.⁵⁸ Les différences entre puits tubulaires et forages ne sont pas importantes pour cette discussion et les termes sont utilisés indifféremment tout le long de ce livret.

Une pompe manuelle ou automatisée est utilisée pour puiser l'eau et la ramener à la surface ou, dans le cas où le casing ait pénétré un aquifère confiné, c'est la pression qui peut extraire l'eau et la conduire jusqu'à la surface. Les principales caractéristiques des puits tubulaires comprennent: (1) un casing en plastique ou en métal (généralement de 100 à 150 mm de diamètre); (2) dans les sols non consolidés, la partie du casing qui se trouve sous la nappe aquifère perforée est « renforcée »; (3) un « joint sanitaire » composé de mastic et d'argile pour empêcher l'infiltration d'eau autour de l'enveloppe; et (4) une pompe pour extraire l'eau. De plus amples informations sur les options de construction de puits tubulaires se trouvent dans les références. On peut trouver par exemple les ressources en ligne de WaterAid^{58,59} et de l'Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO).⁶⁰

Trois stratégies principales sont utilisées pour développer les approvisionnements en eau en période de sécheresse à l'aide de puits:

- **Creuser de nouveaux forages/élargir les forages existants:** Ces stratégies forment la base des approches conventionnelles visant à améliorer l'accès aux eaux souterraines des zones rurales en période de sécheresse.^{61,62} Ces stratégies sont souvent celles appropriées pour atténuer les symptômes d'extrême sécheresse. Cependant, elles ne représentent souvent pas l'utilisation la plus efficace des ressources.⁵⁷ De plus, il est nécessaire de faire des enquêtes de terrain sur les eaux souterraines et le bon emplacement des forages afin d'atteindre le maximum de rendement. Ces problèmes sont discutés plus longuement dans les sections D et G.
- **Réparer les forages endommagés:** Dans de nombreux cas de sécheresse, la pénurie régionale des eaux souterraines n'est pas le principal facteur qui joue sur l'accès local à l'eau. Lorsque certains forages s'arrêtent de fonctionner en période de sécheresse, la cause principale est souvent un rabattement local ou une défaillance mécanique. Lors d'une récente sécheresse en Afrique australe, une enquête réalisée par l'Oxfam sur les points d'eau a révélé que la plupart des forages non fonctionnels étaient en panne à cause de problèmes matériels (par exemple la défaillance de la pompe) ou d'une mauvaise gestion de la demande (rabattement local). La

défaillance d'un point d'eau (y compris les sources traditionnelles) augmente la pression exercée sur les forages, ce qui engendre une croissance de la demande, la diminution du niveau des nappes phréatiques locales et la défaillance du matériel. La réparation des forages endommagés est un moyen rapide et peu coûteux de prévenir cette cascade de problèmes au niveau du point d'eau.^{57, 66}

- Les forages de secours réservés pour les périodes de sécheresse: Plusieurs auteurs ont proposé de développer de profonds « forages de secours ». Ceux-ci restent fermés au moyen d'un couvercle lorsque l'approvisionnement en eau est suffisant et sont découverts en période de sécheresse.^{62,63} Ce genre de méthode a été mis en application avec succès au Botswana.⁶⁴ Cependant, arrêter l'accès aux puits après la période de sécheresse peut poser problème. Ce problème est examiné ci-dessous dans la section G.

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

Le réchauffement climatique risque très probablement d'entraîner des sécheresses plus fréquentes.⁶⁵ Les puits tubulaires profonds, généralement définis par les ingénieurs comme ceux qui peuvent pénétrer au moins une couche imperméable,⁵⁹ sont généralement plus résistants à la sécheresse que les approvisionnements d'eau plus traditionnels tels que les sources naturelles, les puits creusés à la main et les autres sources d'eau de surface. Dans beaucoup de régions, les eaux souterraines sont les seules sources d'approvisionnement en eau.⁶⁶ Cependant, une compréhension plus nuancée de ce qu'est la sécheresse est nécessaire avant de pouvoir répondre à la question.

La sécheresse est définie comme étant « une aberration temporaire » dans un modèle climatique et comme étant déclenchée par la variabilité des précipitations et de l'évapotranspiration. Cette définition contraste avec celle de l'aridité, condition climatique « ordinaire » pour une zone donnée, ainsi qu'avec celle du stress hydrique/pénurie d'eau, qui reflète les ressources en eau renouvelables par habitant.^{67,68} On peut diviser la sécheresse en trois catégories: la sécheresse météorologique, la sécheresse agricole et la sécheresse hydrologique. Les deux premières catégories auront lieu en premier mais c'est la sécheresse hydrologique qui est associée à des déficits d'approvisionnement à la fois en eaux de surface et en eaux souterraines.⁶⁷ Le terme sécheresse des eaux souterraines est parfois utilisé afin de mieux distinguer les cas où les nappes phréatiques diminuent et où certains puits sont asséchés.⁶⁶ De nombreuses situations généralement définies comme sécheresse, peuvent avoir un très fort impact sur l'agriculture pluviale et d'autres activités sans pour autant n'avoir aucun impact sur l'approvisionnement en eau potable.⁵⁷

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

La discontinuité de l'approvisionnement en eau en période de sécheresse peut freiner le développement économique et entraver la santé et le bien-être des êtres humains.⁶⁹ L'accès aux eaux souterraines empêche de dépendre d'autres sources d'eau de mauvaise qualité et réduit les dépenses en achat de bouteilles d'eau.

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

Déterminer la meilleure stratégie pour améliorer l'accès aux eaux souterraines en période de sécheresse nécessite la connaissance de la répartition démographique, des ressources en eaux souterraines, et des emplacements et de l'état des points d'eau. Une étude approfondie des facteurs (y compris le renforcement des capacités) qui impactent le succès des programmes d'eaux souterraines en Éthiopie et en Inde, a été publiée par la Banque mondiale de l'Eau et le Programme d'assainissement. Cette

étude comprend des recommandations sur les besoins en formation du personnel travaillant sur les forages de puits, aussi bien dans le secteur public que dans le secteur privé.⁷⁰

Dans certains contextes, on définit l'emplacement des forages à partir de cartes et d'études disponibles. Parfois, des techniques géophysiques coûteuses sont nécessaires mais le succès des méthodes utilisées varie largement selon l'environnement géologique. Des informations concernant différentes méthodes, allant de simples observations à des conseils technologiquement complexes, sont disponibles.^{71,72}

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

Il est essentiel de disposer d'une base de données centrale des eaux souterraines afin de prendre des décisions éclairées concernant l'accès à l'eau souterraine en période de sécheresse.⁶⁶ Ces données peuvent être recueillies grâce à l'initiative d'un gouvernement central mais son coût sera élevé. Une autre solution consiste à ce que les gouvernements s'assurent que les données de toutes les grandes entités de forage de puits (par exemple les prestataires, les donateurs, les ONG, les entreprises d'Etat) contribuent à cette base de données. Les carnets de bord des forages, les rapports de fin de projet, les données de pompages d'essai et toute autre information utile, devraient être rassemblés dans un référentiel central qui puisse être utilisé par tous.⁷⁰ En plus des données sur les ressources en eaux souterraines, une carte des points d'eau existants et de la population pourrait considérablement augmenter l'efficacité des programmes de réduction de sécheresse. WaterAid a rédigé un rapport sur une méthodologie de cartographie des points d'eau qui restitue les enseignements tirés au Malawi et en Tanzanie.⁷³

Le creusement, l'approfondissement et la réparation des forages sont très dépendants de l'accès aux marchés internationaux d'équipements de forage, de pièces de rechange et de consommables. Réduire les difficultés et les coûts liés au commerce international (par exemple les tarifs douaniers ou les restrictions sur les importations) peut aider à mobiliser le secteur privé pour que celui-ci facilite l'accès à l'eau souterraine. Ce genre de problèmes ainsi que les aspects institutionnels sont traités en détails dans les références.⁷⁰

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

Les coûts liés au creusement de nouveaux forages peuvent énormément varier selon divers facteurs. Donner une estimation « type » des coûts peut donc être très trompeur. Cependant, le coût moyen varie entre 10.000 et 15.000 \$ dans une grande partie de l'Afrique. En revanche, le coût moyen en Inde est inférieur à un dixième de ce montant.^{70,74} Une méthodologie détaillée servant à définir les coûts des opérations de creusement de forages en Ethiopie est disponible sur Internet⁷⁵. Celle-ci comprend (i) la mobilisation/démobilisation, (ii) le creusement, (iii) le casing et l'achèvement, et (iv) l'aménagement ainsi que le pompage d'essai. Réparer les puits endommagés peut coûter beaucoup moins cher (parfois 3 fois minimum moins cher) que de creuser de nouveaux forages.

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

Une bonne gestion en période de non sécheresse peut considérablement améliorer l'efficacité des interventions et peut éviter d'avoir à entreprendre des activités d'urgence très coûteuses et inefficaces. De façon générale, il a été suggéré d'inclure les éléments suivants dans les programmes d'approvisionnement d'eau: une évaluation des ressources en eaux souterraines, une analyse de la vulnérabilité de l'eau souterraine en cas de sécheresse, ainsi que le développement de moyens de résistance à la sécheresse.⁶⁶ Cependant, la plupart des fonctions essentielles qui peuvent améliorer

l'efficacité des programmes ne sont pas appréciées à leur juste valeur par les parties prenantes clés. Il est par exemple souvent difficile d'obtenir le soutien des bailleurs de fonds et du gouvernement pour développer les bases de données nécessaires à la cartographie des eaux souterraines ou pour définir l'état et les accès aux points d'eau.^{57,66}

L'origine d'un forage asséché est généralement difficile à définir et on estime souvent qu'elle est causée par la pénurie de l'eau souterraine dans cette région du fait du manque de précipitations. En réalité, la raison de l'échec des forages profonds est le plus souvent due à un problème de rabattement local ou à une panne mécanique, souvent engendrés par la surexploitation du forage.^{57,66}

Les obstacles à la solution de « forages de secours » comprennent les difficultés pour stopper l'accès au puits après une sécheresse. La FAO signale que les établissements informels tendent à se développer autour des forages d'urgence.⁷⁶ Plusieurs rapports font également état de menaces de violences lorsque vient le moment de couvrir le forage.⁶²

Les puits tubulaires profonds bien construits donnent généralement une eau de bonne qualité microbienne. Cependant, les aquifères profonds peuvent être aussi bien contaminés par l'arsenic et le fluorure naturellement présents dans l'eau que les aquifères peu profonds. Bien que ces eaux puissent généralement être utilisées comme eau non potable par les ménages, elles ne doivent pas être consommées sans être traitées. La présence d'arsenic est particulièrement préoccupante dans les régions deltaïques de l'Asie du Sud et du Sud-Est.⁷⁷ Les concentrations de fluorure dans les eaux souterraines sont généralement plus élevées que celles au pied des montagnes. Néanmoins, les concentrations de ce genre d'espèces chimiques peuvent considérablement varier selon l'emplacement et la profondeur des puits, même à petite échelle géographique. Par conséquent, il faudrait tester si l'eau contient de l'arsenic ou du fluorure après chaque nouvelle construction de puits et régulièrement pendant toute son utilisation. Si l'un des deux contaminants est détecté lors de l'échantillonnage, de nombreuses ressources techniques existent pour savoir comment agir en conséquence.^{78,79,80,81}

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

Des fiches d'information sur les différents types de puits, sur les techniques de forage ainsi que sur les méthodes géophysiques sont également disponibles sur Internet.^{58,71} WaterAid a publié un rapport sur la cartographie des points d'eau et sur comment utiliser les données collectées.⁷³

Le Programme pour l'Eau et l'Assainissement de la Banque Mondiale a diffusé un guide sur les forages rentables. Ce guide couvre plusieurs aspects, entre autres techniques et institutionnels. Il compare les expériences en Afrique subsaharienne avec celles de l'Inde, en utilisant l'Ethiopie comme étude de cas. Il existe de nombreuses études de cas sur différentes sécheresses qui ont eu lieu en Afrique ; veuillez vous reporter à la page des Références.^{63,66,82}

Le Dessalement

Domaines: Diversification de l'approvisionnement en eau; Résistance à la dégradation de la qualité de l'eau

Terminologie du Glossaire: Eau purifiée; Concentré; Saumâtre ; Salinité ; Traitement membranaire; Osmose inverse; Conductivité; Teneur Totale en Particules Solides Dissoutes (TDS, acronyme anglais); Dessalement; Equilibre de bas niveau

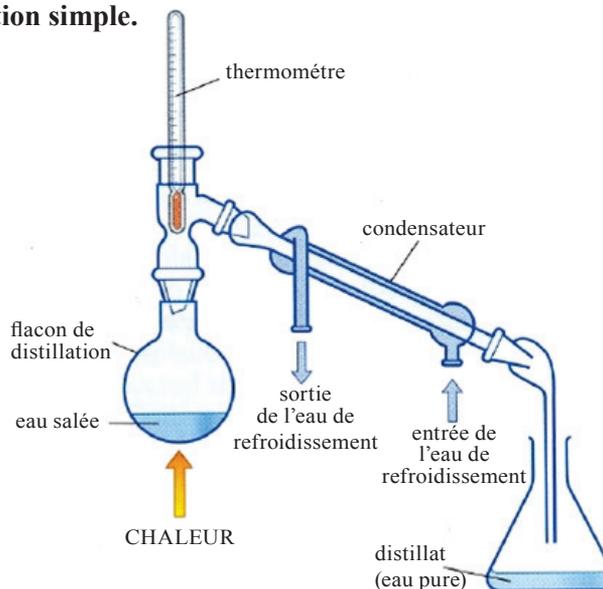
A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

Plus de 97% de l'eau sur terre est impropre à la consommation humaine en raison de sa salinité. La grande majorité (environ 99%) de cette eau est de l'eau de mer ; le reste est principalement constitué d'eau souterraine saline.⁸³ La purification de cette eau salée pourrait fournir des ressources en eau pratiquement illimitées pour les civilisations humaines des régions côtières. Cependant, la purification de l'eau de mer est coûteuse, consommatrice d'énergie, et a souvent de graves répercussions sur les écosystèmes. Malgré ces inconvénients, le dessalement peut être un choix technologique approprié dans certains contextes. Les progrès technologiques continuent à diminuer les coûts économiques et environnementaux du dessalement.⁸⁴

Le dessalement est l'élimination du chlorure de sodium et d'autres constituants dissous dans l'eau de mer, dans les eaux saumâtres, dans les eaux usées, ou dans de l'eau douce contaminée. Environ 75 millions de personnes dans le monde dépendent du dessalement. Ce nombre devrait croître puisque les ressources en eau douce souffrent de stress hydrique provoqué par la croissance de la population et par les millions de personnes qui migrent vers les villes côtières aux ressources en eau douce insuffisantes.⁸⁵ Le dessalement est essentiellement utilisé dans les régions arides; plus de la moitié de la capacité mondiale de dessalement (en volume) se trouve au Moyen-Orient et en Afrique du Nord. L'eau de mer représente plus de 50% des sources d'approvisionnement en eau dans le monde pour le dessalement. Cependant, aux États-Unis, seulement 7% des usines de dessalement ont utilisé de l'eau de mer. Les eaux saumâtres constituaient la majorité des sources d'approvisionnement d'eau pour le dessalement. Le reste comprenait des eaux fluviales et des eaux usées (l'utilisation de procédés de dessalement pour les eaux usées est traitée plus en détail dans la section intitulée La Récupération et la Réutilisation de l'Eau).⁸⁶

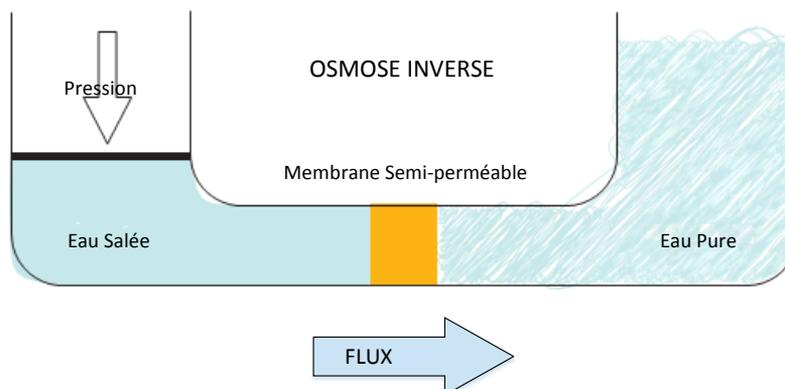
Deux liquides résultent du dessalement: (1) une eau purifiée (2) un liquide à très haute concentration en déchets ou saumure. Les principales méthodes de dessalement se divisent en deux catégories: les procédés thermiques (Figure 1) et les procédés à membrane (Figure 2).

Figure 1: Un schéma illustrant la distillation de l'eau, le processus le plus simple de dessalement thermique. Sur la figure ci-dessous, on voit une flamme appliquée à un bêcher contenant de l'eau salée; l'eau s'évapore, mais le sel reste. La vapeur d'eau se déplace ensuite et monte dans le tube adjacent où elle se condense puis goutte dans le ballon. C'est maintenant de l'eau pure. Les procédés thermiques modernes (MSF, MEE, VCD, etc.) ont un rendement beaucoup plus important que la distillation simple.



Source: Filtres Fast LLC.⁸⁷

Figure 2: Un schéma simple de l'osmose inverse, le procédé à membrane le plus couramment utilisé pour le dessalement. Dans ce schéma, une forte pression est exercée sur l'eau salée, ce qui oblige les molécules d'eau à traverser une membrane ayant de tout petits trous ; les sels ne peuvent pas passer et restent alors derrière.



Source: HydroLink⁸⁸

Les procédés de dessalement thermique utilisent généralement la chaleur pour faire évaporer l'eau, permettant ainsi la séparation des constituants dissous. La vapeur d'eau est ensuite condensée et recueillie sous forme d'eau purifiée. La distillation est le plus simple de tous les procédés thermiques et son efficacité énergétique s'est beaucoup améliorée.⁸⁹ Le procédé de dessalement thermique le plus utilisé aujourd'hui est la distillation flash à multi-étages (MSF, acronyme anglais). En 2005, la MSF représentait 36% du dessalement dans le monde entier (Figure 4). La MSF augmente le rendement énergétique d'une distillation simple en utilisant une série de chambres à basse pression ; dans certains cas, elle peut avoir un rendement encore plus important grâce au recyclage de la chaleur résiduelle d'une source d'énergie adjacente. Le procédé d'évaporation à effets multiples (MEE), connu également sous le nom de distillation à effets multiples, est un autre procédé thermique qui utilise des chambres à basse pression. La MEE peut donner un rendement énergétique supérieur à celui de la MSF. Cependant, la MEE n'est pas aussi populaire que la MSF car ses premières conceptions ont été en proie à l'entartrage minéral. Les nouveaux modèles ont permis la réduction de l'entartrage minéral et la MEE devient de plus en plus populaire.⁸⁵

⁹⁰ Pour les plus petites opérations dont les besoins en volume sont estimés à environ 3000 m³/jour, la distillation par compression de vapeur (VCD, acronyme anglais) peut être une option de distillation thermique adéquate. La VCD est un procédé techniquement simple, fiable et efficace, populaire dans les stations balnéaires, les industries, et sur les lieux de travail où l'approvisionnement en eau douce est insuffisant.⁹⁰

Les procédés de dessalement à membrane utilisent de hautes pressions afin de forcer les molécules d'eau à travers de tout petits pores (trous), tandis que les sels et les autres molécules plus larges restent coincés de l'autre côté de la membrane. L'osmose inverse (OI) est la technologie de dessalement par membrane la plus largement utilisée. Elle représentait 46% de la capacité mondiale de dessalement en 2005 (Figure 4). L'origine du nom de ce procédé vient du fait que la pression est utilisée pour conduire les molécules d'eau à travers la membrane, dans une direction opposée à celle qu'elles auraient dû naturellement suivre en raison de la pression osmotique. Puisque la pression osmotique doit être dépassée, l'énergie nécessaire pour entraîner les molécules d'eau à travers la membrane est directement liée à la concentration en sel. Par conséquent, l'OI a été le plus souvent utilisée pour les eaux saumâtres qui ont une concentration moindre en sels. En 1999, l'OI représentait seulement 10% du dessalement d'eau de mer dans le monde.⁸⁵ Cependant, l'efficacité et l'économie énergétique de l'OI ont nettement été

améliorées grâce au développement de membranes polymères résistantes, à l'amélioration des étapes de prétraitement, et à la mise en place de dispositifs de récupération d'énergie. Dans de nombreux cas, l'OI est désormais plus économique que les procédés de traitement thermique de l'eau de mer.^{90, 91}

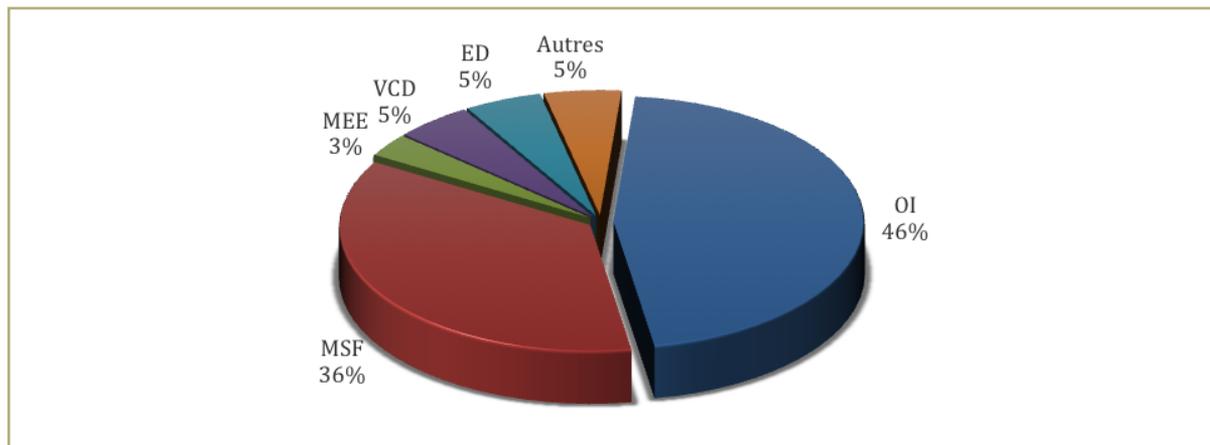
Figure 3: Photo aérienne de l'usine de dessalement d'eau de mer à Perth, en Australie occidentale. Cette usine utilise l'osmose inverse pour dessaler l'eau de mer.



Source: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Perth_Seawater_Dessalement_Plant.jpg

Les quatre procédés thermiques à membrane discutés ci-dessus représentent environ 90% de la capacité du volume mondial de dessalement. D'autres procédés de dessalement comprennent l'électrodialyse, le gel, la distillation solaire, des technologies hybrides (thermique/membrane/électricité) et de nouvelles technologies émergentes (Figure 4).

Figure 4: Capacité mondiale de dessalement (en volume) par procédé, en 2005.



Source: Gleick et al, 2006.⁸⁶

OI: Osmose Inverse; MSF: Distillation Flash à Multi-étages; MEE: Evaporation à Multiple Effets; VCD: Distillation par Compression de Vapeur; ED: Electrodialyse; La catégorie Autres comprend: des procédés de congélation, hybrides, de nano filtration, thermiques ou autres.

L'Électrodialyse (ED) utilise des courants pour extraire les ions de l'eau. Contrairement aux procédés par membrane ou aux procédés thermiques décrits plus haut, l'ED ne peut pas être utilisée pour extraire les molécules non chargées qui se trouvent dans l'eau de source.⁹⁰ Il est également possible de dessaler l'eau via un processus de congélation à des températures légèrement inférieures à 0° C. Ceci implique néanmoins des étapes compliquées pour séparer les phases solide et liquide. Cette méthode est donc peu pratiquée. Cependant, dans un climat froid, les cycles naturels de gel-dégel peuvent être mis à profit en purifiant l'eau à des coûts comparables à l'OI.^{90, 92} L'intérêt croissant pour l'énergie solaire a conduit à des progrès significatifs en ce qui concerne les procédés de distillation solaire. Le dessalement hybride, combinant procédés thermiques et procédés à membrane, souvent utilisé en parallèle avec une installation de production électrique, est une nouvelle technologie prometteuse qui a été utilisée avec succès.^{93, 94} Les membranes de nanofiltration (NF) ne peuvent pas diminuer la salinité de l'eau de mer jusqu'à en faire de l'eau potable ; elles ont cependant été utilisées pour traiter les eaux saumâtres. Les membranes de NF correspondent à une étape de prétraitement très populaire lorsque celle-ci est associée à l'OI.⁹¹

La technologie de dessalement s'est développée de manière progressive, ce qui a permis une amélioration constante de l'efficacité énergétique et de la durabilité. Ces améliorations ont également permis de réduire le coût opérationnel et le coût d'entretien de nombreuses autres technologies. Cependant, la recherche et le développement de nouvelles technologies pourraient potentiellement conduire à des améliorations substantielles. Ces nouvelles technologies comprennent les nanotubes^{95,96}, les membranes d'électrodialyse de haute technologie⁹⁷ et les membranes biomimétiques.⁹⁸

Les principaux inconvénients des procédés de dessalement actuels comprennent les coûts, les besoins énergétiques et les impacts environnementaux. Les impacts environnementaux comprennent l'élimination des liquides de déchets concentrés et les effets négatifs des prises d'eau et des émissaires sur les écosystèmes locaux. Ils sont traités plus en détail dans la section sur les obstacles à la mise en œuvre (section G).

Malgré ces inconvénients, l'utilisation du dessalement devrait largement se développer au 21e siècle, et ce principalement pour deux raisons: (1) La recherche et le développement continueront à rendre le dessalement moins consommateur d'énergie, et à le rendre financièrement plus intéressant et plus respectueux de l'environnement ; (2) la demande croissante: la croissance démographique, le développement économique et l'urbanisation conduisent à l'augmentation rapide de la demande d'approvisionnement en eau dans les régions côtières ainsi que dans les régions qui ont accès aux eaux salines.

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

Le dessalement peut largement participer à faciliter l'adaptation au changement climatique, essentiellement parce qu'il permet la diversification de l'approvisionnement en eau et augmente la capacité de résistance à la dégradation de la qualité de l'eau. La diversification de l'approvisionnement en eau peut fournir des sources d'eau alternatives ou complémentaires lorsque les ressources actuelles en eau sont insuffisantes en quantité ou en qualité. Les technologies de dessalement améliorent aussi la résistance à la dégradation de la qualité de l'eau parce qu'elles peuvent généralement produire de l'eau très pure, même à partir d'eaux de source très contaminées.

Améliorer la résistance de l'approvisionnement en eau de source par habitant qui se trouve déjà être diminué, est l'un des défis les plus importants de l'adaptation au changement climatique. Les sécheresses de courte durée et la tendance climatique à la baisse à long terme des précipitations peuvent engendrer

une diminution de l'approvisionnement en eau par habitant. Ces tendances climatiques se produisent en plus de la croissance de la population, de changements de l'utilisation des sols et de l'épuisement des eaux souterraines; les approvisionnements en eau de source par habitant sont par conséquent susceptibles de rapidement diminuer.

Cependant, les besoins importants en énergie des procédés de Dessalement actuels favorisent les émissions de gaz à effet de serre et pourraient alors compromettre les efforts entrepris en vue d'atténuer les effets du changement climatique.

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

L'accès à un approvisionnement en eau douce suffisant pour la consommation ou autres utilisations faites par les ménages, mais aussi pour l'utilisation commerciale et industrielle, est essentiel à la santé, au bien-être et au développement économique.⁸⁴ Dans de nombreuses situations, les procédés de Dessalement peuvent fournir un approvisionnement abondant en eau saline qui était jusqu'alors inutilisable.

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

Un rapport de la Banque mondiale sur le Dessalement au Moyen Orient et en Asie Centrale comprend un chapitre sur le renforcement des capacités.¹⁰⁰

Les principaux besoins identifiés comprennent le manque:

- d'information et d'évaluations de données concernant le Dessalement en particulier
- de capacités techniques
- de fonds financiers consacrés à la recherche
- de politiques nationales en matière de planification et de mise en place d'infrastructures institutionnelles à long terme pour la gestion et la mise en œuvre de Dessalement¹⁰⁰

Les besoins en formation et en enseignement formel sur le Dessalement seront également étudiés de manière plus approfondie dans ce rapport.

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

Jusqu'à récemment, très peu d'information était disponible sur les aspects institutionnels du Dessalement. Un projet de la Banque Mondiale a permis de poser les questions principales quant aux besoins institutionnels liés au Dessalement et de fournir ainsi des recommandations pour sa mise en œuvre. Ces questions comprennent quand et comment le Dessalement doit être intégré aux politiques plus générales de l'eau, comment intégrer le Dessalement dans les politiques énergétiques et dans les processus de co-production d'énergie, le rôle des entreprises privées, et la façon de distribuer et de facturer l'eau dessalée.^{84, 99, 100}

Bon nombre de recommandations pour le développement du Dessalement sont liées à des problématiques plus générales du secteur de l'eau. Le Dessalement nécessite un investissement économique important. Le manque d'efficacité, les pertes et les équilibres de bas niveau dans le secteur de l'eau peuvent être donc exacerbés lors de la mise en œuvre du Dessalement.^{84,100} Les principales recommandations pour les gouvernements qui envisagent le développement du Dessalement comprennent les suivantes:

- Développer une politique claire de l'eau en utilisant une approche de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) afin de déterminer avec précision le potentiel des ressources renouvelables en eau douce, la demande et la consommation. C'est seulement après avoir bien compris l'adéquation des ressources traditionnelles en eau, que l'on peut s'engager dans le développement de ressources non conventionnelles (eau saline) en eau.¹⁰⁰
- Mettre en œuvre la gestion de la préservation et de la demande en eau dans tous les secteurs. Les principales méthodes comprennent la réduction de l'eau non-génératrice de revenus dans les réseaux de canalisations, l'usage limité et ciblé de subventions, et la prévention de la pollution des eaux souterraines.^{99,100}
- Envisager le dessalement en combinaison avec d'autres sources d'approvisionnement en eau non conventionnelles tels que la réutilisation des eaux usées traitées, l'importation de l'eau à l'international, la collecte des eaux de pluie et les micro-bassins.¹⁰⁰

La Banque Mondiale s'exprime donc de manière très prudente pour ceux qui pensent que le dessalement est la panacée:

« Il est probablement préférable d'éviter d'entreprendre un processus de dessalement à grande échelle, à moins que les faiblesses sous-jacentes du secteur de l'eau ne soient traitées ... le dessalement devrait rester le dernier recours et ne doit être employé qu'après avoir soigneusement examiné des alternatives moins chères en termes de gestion de l'offre et de la demande. »⁹⁹

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

Une étude récemment publiée sur le coût du dessalement indique que les dépenses sont propres au site et que le coût par volume peut alors varier considérablement. Certains des facteurs qui auraient la plus grande influence sur le coût au m³ comprennent: le coût de l'énergie, la taille de l'usine et la teneur en sel/TDS de l'eau de source.¹⁰¹ Le coût en capital de la construction est également un facteur crucial mais il n'est pas particulièrement lié au site.

Le coût du dessalement par membrane diminue fortement avec la baisse de la concentration en sel. L'eau de mer contient en moyenne environ 35 000 mg/L de TDS; les eaux saumâtres, avec 1000-10,000 mg/L, peuvent être traitées à un coût nettement inférieur.⁹¹

On estime que les coûts en volume pour dessaler l'eau saumâtre par le procédé de l'OI varient généralement entre 0,26\$ et 0,54\$ / m³ pour les grandes installations qui produisent entre 5000 et 60000 m³/jour. Les coûts sont beaucoup plus élevés (0,78 à 1,33 \$ /m³) pour les installations produisant moins de 1000 m³/jour. Les coûts en volume pour l'OI d'eau de mer sont estimés entre 0,44 et 1,62 \$/m³ pour les installations produisant plus de 12 000 m³/jour.¹⁰¹

Les méthodes thermiques (généralement utilisées pour dessaler l'eau de mer) sont soumises aux mêmes économies d'échelle. Les coûts pour les usines de dessalement thermique ont été estimés entre 2 et 2,60\$/m³ pour 1000-1200 m³/jour et entre 0,52 et 1,95 \$/m³ pour les installations produisant plus de 12 000 m³/jour.¹⁰¹

Les stratégies d'adaptation aux changements climatiques doivent non seulement tenir compte des prévisions climatiques futures, mais aussi du futur développement technologique. Les coûts associés au dessalement continuent de progressivement diminuer à mesure que l'efficacité technologique s'améliore. Comme mentionné plus haut, il est également possible qu'une nouvelle technologie qui diminuerait considérablement les coûts du dessalement soit développée.

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

Le dessalement permet aux services publics d'accéder à des ressources en eau de façon pratiquement illimitée dans de nombreuses régions pauvres en eau. Cependant, comme nous l'avons brièvement vu dans la section E, la mise en œuvre du dessalement peut parfois aggraver les problèmes d'un secteur d'eau qui fonctionne déjà mal.^{84,99} Par conséquent, le meilleur contexte favorisant la mise en œuvre de cette technologie est un secteur de l'eau qui fonctionne bien avec: une politique de l'eau bien définie, une bonne caractérisation de la disponibilité des ressources en eau et de la demande en eau, une expertise technique, et relativement peu de gaspillage ou d'inefficacité.

Il y a plus de chance que la technologie du dessalement soit choisie lorsque:

- Les ressources en eau sont insuffisantes pour répondre à la demande (stress hydrique ou pénurie d'eau)
- Pour les systèmes à membrane, une source abondante d'eau saumâtre à faible concentration en sel/TDS est disponible; ou, pour les systèmes thermiques, la population est localisée sur un littoral possédant une installation adjacente (par exemple, une centrale électrique) qui peut produire beaucoup de chaleur résiduelle.
- Les consommateurs s'opposent à la réutilisation des eaux usées traitées (voir le chapitre intitulé La Réutilisation des Eaux Usées)

Les obstacles au dessalement sont, entre autres, les effets négatifs sur l'environnement. Ces effets comprennent: les effets des flux à forte concentration en déchets sur les écosystèmes; l'impact des aspirations d'eau de mer sur la vie aquatique; et les émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, les impacts environnementaux du dessalement doivent être pesés contre ceux de l'utilisation croissante des sources en eau douce (par exemple l'épuisement des eaux souterraines, la déviation des flux d'eau de surface).¹⁰² Bien que l'eau purifiée par le biais de l'OI soit pratiquement totalement pure, il est possible que certains composés potentiellement inquiétants soient présent dans l'eau purifiée ; des processus de pré- et post-traitement peuvent être mis en place afin de solutionner le problème de ces quelques composés mal éliminés par l'OI (comme le bore par exemple). On peut trouver dans le guide publié par l'Organisation Mondiale de la Santé⁸⁴ une description de 20 pages de procédures pour établir une l'Evaluation de l'impact sur l'Environnement (EIE) des projets de dessalement.

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

Le guide de l'OMS donne un aperçu complet des aspects sanitaires, environnementaux et techniques de la planification et de la mise en œuvre du dessalement.⁸⁴ Le rapport principal de la Banque Mondiale sur le dessalement au Moyen-Orient et en Asie centrale comprend une synthèse de sujets supplémentaire tels que les cadres institutionnels, le renforcement des capacités et les possibilités de participation du secteur privé. Il comprend également des résumés d'expériences en matière de dessalement et les leçons qui en sont tirées dans six pays: l'Algérie, la Tunisie, la Jordanie, l'Ouzbékistan, Malte et Chypre.¹⁰⁰

L'État américain du Texas a compilé des études de cas de projets de dessalement d'eau saumâtre et d'eau de mer qui rassemblent de nombreux aspects de la mise en œuvre du dessalement, y compris: le développement des sources d'eau saline, les technologies, l'économie et la finance, l'implantation sur site, la gestion de la saumure, etc.¹⁰³

De nombreuses études de cas de projets de dessalement peuvent être trouvées dans la littérature académique. La source d'information la plus courante est la revue *Desalinisation (Dessalement)*, publiée par Elsevier.

Le Traitement et le Stockage Adéquat de l'Eau Potable des Ménages (HWTS)

Domaines: Capacité de résistance à la dégradation de la qualité de l'eau

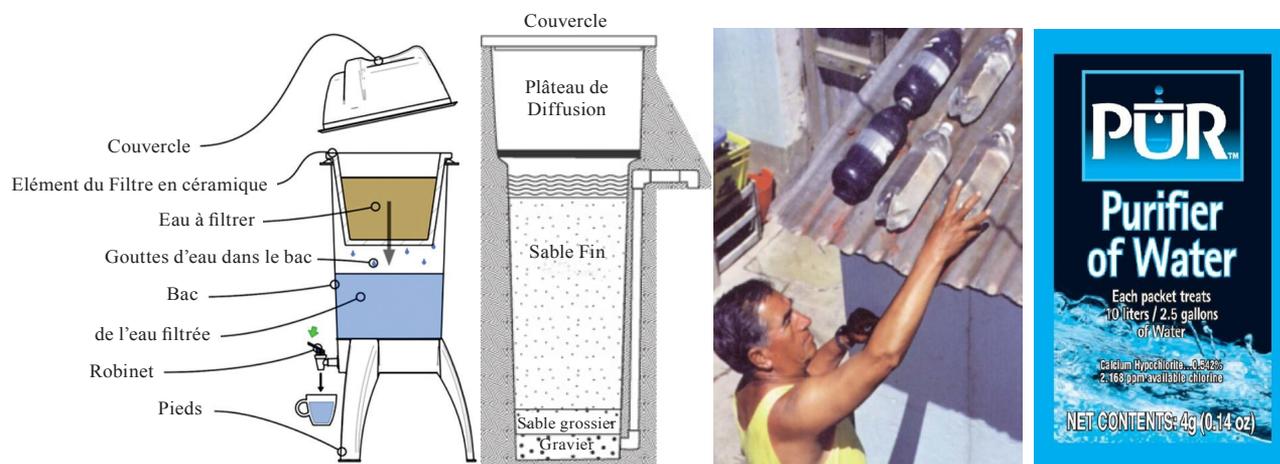
Terminologie du Glossaire: Point d'Utilisation (POU); Coagulant; Traitement et Stockage Adéquat de l'Eau des Ménages (HWTS)

A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

Idéalement, tout le monde devrait avoir accès à des sources d'approvisionnement en eau courante potable qui comprennent un programme de préservation de l'eau et un traitement centralisé. Toutefois, près d'un milliard de personnes à travers le monde n'ont pas accès à un approvisionnement en eau potable « améliorée ». De plus, de nombreux approvisionnements en eau améliorée sont, non seulement dangereux pour la santé, mais ils sont également souvent situés à une certaine distance des foyers.^{104, 105} Malgré l'objectif final d'offrir un approvisionnement sûr et durable en eau potable à tous les ménages du monde entier, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ainsi que d'autres organismes internationaux ont reconnu les avantages d'approches ciblées et intermédiaires pour ceux qui n'ont pas accès à l'eau potable.¹⁰⁶

Le traitement et le stockage adéquat de l'eau potable au niveau des foyers, ou aux points d'utilisation (POU, acronyme anglais), sont des moyens d'améliorer la qualité de l'eau en la traitant directement sur place. Les technologies de traitement les plus populaires sont les désinfectants chimiques, les coagulants, les filtres céramiques, les filtres à sable biologique, la désinfection solaire (SODIS) ou les procédés de désinfection par ultraviolets, ainsi que les produits combinant coagulant et désinfectant (par exemple le produit PUR de Procter & Gamble).^{106, 107} Il a été démontré que ces technologies peuvent améliorer la qualité microbiologique et, dans certains cas, elles peuvent améliorer la qualité chimique de l'eau potable et réduire les maladies diarrhéiques.^{108, 109, 110} Quatre des technologies les plus largement encouragées sont présentées à la Figure 5.

Figure 5: Coupes transversales et photographies des quatre technologies populaires POU. Sur la gauche, on peut voir la coupe de deux filtres POU classiques avec la description de chaque élément; le purificateur d'eau en céramique (à l'extrême gauche) est un filtre à eau à sable bio (BSF, acronyme anglais) en béton (deuxième à gauche). Les deux appareils représentés sont positionnés à 0,5 - 1 mètre de hauteur. La deuxième image en partant de la droite est une photo de bouteilles posées sur un toit d'une maison, illustrant la pratique de désinfection solaire (SODIS, acronyme anglais). Sur l'extrême droite, une image d'un paquet de coagulation/chloration Procter & Gamble, PUR; un seul paquet contient 4g de cristaux qui peuvent être utilisés pour traiter 10 litres d'eau.



Une étude a été menée afin de définir le potentiel d'une utilisation soutenue à long terme des technologies les plus largement promues par le Réseau OMS pour la Promotion de Traitement de l'Eau Potable et du Stockage Adéquat de l'Eau par les Ménages (Réseau HWTS). Les résultats sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 2: Notation de technologies classiques de traitement des eaux au point d'utilisation, basée sur des critères de durabilité. Les nombres les plus élevés indiquent les meilleurs résultats. Les détails de la méthodologie peuvent être trouvés dans la source du document.

Technologie	Quantité traitée par jour	Résistance de la qualité d'eau d'alimentation	Facilité d'Utilisation	Coût par volume traité	Besoin d'une chaîne d'approvisionnement locale	Résultat Total
Chlore libre (liquide)	3	1	3	3	1	11
Chlore libre (en tablette)	3	1	3	2	1	10
Coagulation/Chloration	2	3	1	1	1	8
Désinfection solaire	1	1	1	3	3	9
Filtre en Céramique	2	3	2	3	2	12
Filtre à Eau à Sable Bio	3	3	2	2	3	13

Source: Modifiée à partir de Sobsey et al. (2008).¹⁰⁸

De plus, les produits de HWTS fabriqués par de grandes entreprises sont devenus populaires aussi bien dans les pays développés que dans les économies émergentes. Parmi ces produits en forme de robinet et de carafe on compte la ligne Procter & Gamble de systèmes de filtration PUR, les filtres Brita, etc. Les produits commerciaux récemment introduits dans les économies émergentes comprennent le Pureit d'Hindustan Unilever et la ligne des filtres Tata SWACH; ces deux filtres à eau doivent être posés sur une table ou sur un comptoir, et ils ne nécessitent ni électricité, ni eau courante. Une cuve qui permet de stocker l'eau correctement est intégrée au système (voir Figure 6).

Figure 6: Le Pureit (à gauche) peut être utilisé pour traiter environ 1500 litres d'eau (selon le modèle). Sa cartouche de charbon absorbe et filtre les impuretés, puis un processus de désinfection au chlore s'ensuit. La cartouche de chlore permet de traiter 1500 litres de plus. Le Tata Swach (à droite) utilise des cendres d'écorce de riz et de l'argent pour traiter l'eau; il permet le traitement de 3000 litres sans que « l'ampoule » de traitement ait besoin d'être remplacée.



De nouvelles technologies HWTS continuent d'émerger. L'évaluation la plus récente des appareils de HWTS du monde entier a été publiée en 2010 par le Programme de Technologie Appropriée de la Santé (PATH, acronyme anglais). Elle comprend des évaluations qualitatives sur l'efficacité du traitement, les effets sur la santé, la sécurité, le coût, l'acceptabilité, l'utilisation durable, la chaîne d'approvisionnement et d'autres facteurs pour 19 technologies populaires et huit appareils prometteurs qui en sont encore au stade de recherche et développement. Le tableau de l'évaluation faite par le PATH est trop large pour être copié dans ce rapport mais il est disponible gratuitement sur Internet.¹¹¹

Le traitement de l'eau potable par le chauffage, en chauffant généralement l'eau jusqu'à ébullition, a été pratiqué depuis des millénaires dans de nombreuses sociétés et il reste beaucoup plus pratiqué que toutes les méthodes HWTS réunies. Ce processus est très efficace pour éliminer toutes les classes d'agents pathogènes. Cependant, l'ébullition présente de nombreux inconvénients et, de manière générale, elle n'est pas conseillée par les praticiens de HWTS. Parmi les inconvénients on compte le temps qu'il faut pour aller chercher le combustible, les coûts parfois prohibitifs, et la dégradation de la qualité de l'air intérieur qui engendre des risques accrus pour la santé tels que des infections respiratoires. Malgré cela, des demandes de réévaluation des coûts et des avantages de faire bouillir l'eau, ainsi que des demandes concernant l'optimisation de cette technique, ont été récemment formulées.¹¹²

Les pratiques de HWTS sont devenues une des options techniques les plus promues par la communauté internationale du secteur de la santé depuis l'introduction du système d'eau potable par Les Centres Américains de Contrôle et de Prévention des Maladies (CDC, acronyme anglais) en 1992.¹³ La création du Réseau HWTS par l'OMS en 2003 constitue la plus grande communauté de pratique, rassemblant des chercheurs, des développeurs, et des militants des pratiques HWTS.¹¹⁴

Ce guide se concentre sur le HWTS comme stratégie d'adaptation au changement climatique. Par conséquent, l'accent est mis sur l'adoption de ces technologies sur le long terme et à grande échelle. Les principes de mise en œuvre de HWTS dans des situations d'urgence ou de catastrophes naturelles sont fondamentalement différents. Pour des conseils sur les HWTS dans des situations d'urgence, veuillez vous référer aux ressources listées dans les références.^{115, 116}

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

La dégradation de la qualité de l'eau devrait constituer un des principaux impacts du changement climatique sur les ressources et l'approvisionnement en eau. On prévoit l'augmentation des inondations et des sécheresses, la baisse de la disponibilité de l'eau, la prolifération d'algues, des inondations côtières, et l'élévation du niveau de la mer. Tous ces événements auront des effets directs et indirects sur la qualité de l'eau potable.^{117, 118} Les effets directs se produisent par exemple lorsque les déchets fécaux et autres déchets se déversent dans les réserves d'eau ou lorsqu'il y a une prolifération d'algues nuisibles. Les effets indirects sur la qualité de l'eau potable se produisent lorsque les utilisateurs sont obligés de passer à un approvisionnement en eau potable de qualité inférieure ; par exemple lorsque les nappes phréatiques baissent et que les utilisateurs doivent passer à l'eau de surface contaminée. Les HWTS augmentent la capacité de résistance à la dégradation de la qualité de l'eau en permettant aux utilisateurs d'améliorer la qualité de l'eau au point d'utilisation.

On estime qu'il y avait 18,8 millions d'utilisateurs d'appareils HWTS dans le monde en 2007, avec une croissance rapide d'environ 25% par an. Le taux de croissance a probablement encore augmenté au cours de ces dernières années avec l'introduction et la popularité des produits Hindustan Unilever, Tata et autres produits HWTS qui ciblent la classe moyenne indienne (voir Figure 6). En plus de ces utilisateurs HWTS, une étude réalisée sur des données concernant 58 pays à faibles revenus, estime que 350 millions de

personnes font bouillir de l'eau pour leur consommation domestique. Il faut noter que la Chine, l'Indonésie et d'autres grands pays dans lesquels l'ébullition est pratique commune ne sont pas inclus dans cette étude.¹⁰⁶

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

Les maladies diarrhéiques peuvent constituer un élément clé du « cercle vicieux de la pauvreté » qui entrave le développement en diminuant la productivité économique.¹¹⁹ La prévention des maladies d'origine hydrique peut entraîner une augmentation de la fréquentation scolaire, du temps consacré aux activités lucratives et à la garde des enfants, ainsi qu'une diminution de la part des ressources financières (déjà faibles) dédiée aux soins médicaux. Une étude sur les coûts et les avantages de l'amélioration de la qualité de l'eau et de l'assainissement menée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a conclu que la désinfection POU était l'intervention la moins onéreuse, avec un ratio avantages-coûts entre 5 et 60\$ par dollar investi.¹²⁰

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

Une utilisation correcte et soutenue des HWTS est nécessaire afin d'avoir un impact à long terme sur la santé de l'utilisateur. Bien que les dispositifs de HWTS soient généralement conçus pour être facile à utiliser et à entretenir, la complexité de leur conception et les exigences en matière de durabilité, d'utilisation et d'entretien, varient. En outre, certaines technologies de HWTS (par exemple les désinfectants chimiques) sont des consommables et doivent être remplacés fréquemment. Bien que la recherche sur les facteurs influant les taux d'utilisation de la pratique de HWTS évolue, la plupart des données indiquent que les technologies durables (les filtres par exemple) sans consommable, ont des taux d'utilisation soutenue plus élevés après leur mise en œuvre.^{108, 121}

Des fiches et autres outils d'information sur l'introduction des appareils et des programmes HTWS ont été développés et formulés de façon concise par les membres du Réseau HWTS. Ceux-ci fournissent des résumés simples sur la recherche, les pratiques exemplaires, les outils de formation, et les enseignements tirés des expériences faites avec de nombreux appareils HWTS populaires. Une grande partie de ces ressources peut être trouvée sur une page dédiée nommée « Fiches d'information et outils » sur le site du Réseau HWTS. Une description plus détaillée de ces ressources se trouve ci-dessous dans la section H.

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

Le HWTS est une technologie principalement utilisée et gérée par les ménages. Par conséquent, il y a peu ou pas de besoins institutionnels et organisationnels pour les utilisateurs. Cependant, développer l'usage des technologies HWTS s'est avéré être un défi. Un rapport de l'OMS examine l'état des HWTS dans le monde et donne dix recommandations clés (voir ci-dessous) pour développer leur usage. Ces recommandations sont abordées plus en détail dans le rapport.¹⁰⁶

1. Focaliser sur les utilisateurs.
2. Développer et collaborer avec des partenaires.
3. Améliorer et développer la technique d'ébullition.
4. Continuer à poursuivre des stratégies non-commerciales.
5. Continuer à poursuivre des stratégies axées sur le marché.

6. Exploiter les avantages locaux existants.
7. Initier et utiliser des recherches pratiques et pertinentes.
8. Surmonter les obstacles de politique publique pour l'avancement des technologies HWTS
9. Impliquer les gouvernements nationaux et régionaux.
10. Encourager la communauté internationale à apporter son soutien aux HWTS.

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

Le capital et les dépenses courantes liés à l'utilisation doivent être pris en compte lorsque l'on examine la pertinence du lancement d'un programme HWTS pour une communauté donnée. Les coûts d'investissement pour certaines technologies (par exemple les désinfectants chimiques) sont faibles ou nuls, mais les produits doivent être achetés régulièrement ; Alors que d'autres technologies représentent un investissement initial relativement important mais avec des coûts récurrents faibles, voir nuls.

Les coûts associés à la formation et à l'éducation des utilisateurs seront plus élevés que tous les autres coûts associés aux « appareils » HWTS. Un exemple est la désinfection solaire (SODIS). Dans de nombreux contextes, la SODIS peut être pratiquée à faible coût, que cela soit les coûts d'investissement ou les coûts d'utilisation. Cependant, l'assimilation de ces nouvelles technologies ainsi que leur utilisation à long terme ne peuvent pas avoir lieu sans un investissement important en formation et en enseignement. Quelque soit la technologie, mettre en place des programmes HWTS sans inclure une phase pédagogique risque de diminuer leur viabilité et leurs effets à long terme.

Un grand nombre de programmes de mise en œuvre des technologies HWTS sont gérés par des donateurs qui offrent une prise en charge totale ou partielle des produits. Les programmes de mise en application des HWTS menés par des donateurs fonctionnent très bien dans des contextes spécifiques, en particulier lors de catastrophes naturelles ou d'épidémies de maladies d'origine hydrique. Des subventions ciblées peuvent être utiles afin de pénétrer un marché avec des produits HWTS. Toutefois, les programmes HWTS subventionnés peuvent fausser le marché et porter atteinte aux efforts de développement à long terme.¹²³

¹²⁴ Les arguments en faveur et contre les subventions sont traités dans un rapport de 2006 rédigé par l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT).¹²⁵

Les stratégies de recouvrement intégral des coûts sont celles qui ont le plus grand potentiel pour développer ces technologies à grande échelle. Il existe des études récentes sur le recouvrement total des coûts et les mécanismes de marché comme moyens pour développer les pratiques de HWTS.^{126, 127, 128, 129} Dans certains contextes, les techniques de marketing social peuvent être efficaces.¹³⁰ Des études de cas de nombreux programmes de HWTS couvrant diverses technologies et diverses approches financières sont décrites et référencées dans la section H.

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

Généralement, les opportunités de mise en œuvre des HWTS sont plus grandes (1) lorsqu'elles interviennent lors d'une épidémie de maladies d'origine hydrique ou (2) lorsque les avantages des HWTS, autres que ceux liés à la santé, sont considérés comme élevés. HWTS n'offre pas l'avantage le plus important associé aux techniques d'amélioration de l'approvisionnement en eau potable à domicile, à savoir le gain de temps, puisqu'il faut toujours utiliser beaucoup de temps pour aller chercher l'eau. Les avantages non liés à la santé qu'offre les HWTS comprennent tout de même: l'amélioration esthétique de la qualité de l'eau, des économies de coûts par rapport aux autres sources d'eau (par exemple l'eau en

bouteille ou celle des distributeurs d'eau), et le statut social associé au fait d'être en mesure de servir de l'eau potable traitée à ses invités. Faire la promotion des produits HWTS comme un produit « de luxe » associé à un meilleur style de vie, peut améliorer l'acceptation du produit.¹³⁰

La plupart des efforts de commercialisation de produits consommables HWTS en dehors des périodes de crise ont conduit à une acceptation et à une utilisation du produit limitées sur le long terme. Toutefois, de récentes données suggèrent que les consommateurs potentiels qui découvrent les produits HWTS par le biais de campagnes de marketing, se tourneront vers ces produits lorsqu'ils jugeront que leur besoin est devenu plus important (par exemple lors d'une épidémie de maladies d'origine hydrique).¹³¹

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

Depuis la création du Réseau HWTS en 2003, la littérature sur ce sujet a connu une croissance exponentielle. Une bibliographie des articles et rapports publiés jusqu'à la fin 2006, comprenant de brefs résumés et des liens vers des sources en ligne, est disponible sur le site Internet *Environmental Health d'USAID*.¹³² Des mises à jour régulières sont affichées avec des liens vers des rapports, des présentations de conférences, et des informations sur les activités subventionnées par USAID.¹³³ Pour un aperçu qualitatif des technologies HWTS déjà en vente ou en développement jusqu'à fin 2010, veuillez vous référer au rapport rédigé par le PATH intitulé « *Global Landscape of HWTS Products* »¹¹¹ (Paysage Mondial des Produits HWTS).

On trouve beaucoup de matériel de formation concernant les technologies HWTS en général ou sur des technologies HTWS spécifiques. Certaines de ces ressources sont citées un peu plus haut mais vous pouvez également trouver des liens hypertextes à partir de la page Internet intitulée « *Fact sheets and tools* » du site du Réseau HWTS.¹²² D'autres sources et matériel de formation comprennent:

- Le Centre de Technologies d'Assainissement et de l'Accès à l'Eau Abordable (CAWST, acronyme anglais) — matériel de formation sur les filtres à sable bio et autres interventions de la communauté au niveau sanitaire.¹³⁴
- Resource Development International—Cambodia (RDI): Matériel sur la production et le lancement des filtres avec pot en céramique
- SODIS, eau potable pour tous – matériel pédagogique sur la méthode de désinfection solaire.¹³⁶
- Les Centres Américains de Contrôle et de Prévention des Maladies (CDC)— matériel sur la chloration et sur les bonnes méthodes de stockage adéquat de l'eau.¹³⁷

Le rapport de l'OMS sur le développement des HWTS fournit des études de cas sur plusieurs technologies et dans divers contextes (voir Section 3 du rapport).¹⁰⁶ D'autres rapports cités plus tôt incluent eux aussi des sections ou des annexes dédiées à des études de cas ou aux leçons tirées de divers projets.^{123, 125, 126,}

^{127, 128, 129, 130}

Améliorer la Résistance des Puits Protégés contre les inondations

Domaines: Préparation aux phénomènes météorologiques extrêmes

Terminologie du Glossaire: Forage; Puits tubulaire; Inondations; Tablier (puits); Casing (puits)

A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

Les puits protégés peuvent potentiellement fournir un approvisionnement en eau très résistant aux inondations. Cependant, une conception et une construction inadéquates peuvent les rendre vulnérables en période de crue. Les principaux risques liés aux puits en période d'inondations sont les suivants: (1) la pénétration ou l'infiltration d'eaux contaminées; (2) le manque d'accès aux têtes des puits en raison de la crue des eaux; et (3) l'effondrement des puits creusés à la main non tubés quand le sol devient saturé.¹³⁸ Ce chapitre portera sur la conception, la construction et la rénovation des puits creusés, des puits tubulaires et des forages, dans le but de renforcer leur résistance aux inondations.

Les puits protégés peuvent comprendre des puits tubulaires, des forages et des puits creusés (à la main). Les puits tubulaires et les forages sont des puits avec un trou de petit diamètre qui descend dans un aquifère souterrain. Un tube descend sur une partie ou sur toute la longueur du forage. Ce genre de puits est décrit plus en détail au chapitre intitulé Les Forages/Puits tubulaires pour l'Approvisionnement des Ménages en Eau en période de Sécheresse. Les puits creusés sont généralement plus vulnérables à la contamination que les puits tubulaires/forages, mais les puits protégés peuvent également fournir de l'eau potable « améliorée ». Parmi les avantages des puits creusés, on compte une construction peu coûteuse et, de manière générale, un plus grand rendement en volume relatif à la profondeur (du fait qu'ils ont souvent un plus grand diamètre).^{138,139, 140}

Les principales caractéristiques de tous les puits protégés sont les suivantes: (1) un tablier en béton afin de guider l'eau de surface loin du puits; (2) un joint d'étanchéité sanitaire (normalement en argile, mastic ou béton) qui s'étend sur au moins 1 à 3 m sous terre pour empêcher l'infiltration de contaminants; et (3) un système d'accès à l'eau qui puisse être fermé après usage. Les pompes à main peuvent être montées sur la plupart des puits (y compris ceux creusés à la main) afin d'améliorer la facilité d'utilisation et de diminuer la probabilité de contamination.^{138, 142, 141}

L'emplacement est un autre paramètre clé à prendre en compte lors de l'évaluation de la vulnérabilité des puits aux inondations. Construire des puits d'eau potable près des installations d'assainissement peut conduire à une contamination due au déplacement souterrain des agents pathogènes fécaux, en particulier pendant les inondations. Les puits doivent être construits au-dessus du gradient hydraulique (généralement en amont) des latrines et des déchets d'origine animale. La distance minimale recommandée entre un puits et une latrine unique est de 30 m. Cependant, dans des zones où la densité des latrines est élevée, il faut souvent des distances supérieures.¹⁴²

Un grand nombre des principales vulnérabilités liées aux inondations peut être identifié en procédant à une « enquête sanitaire » de tous les puits d'eau potable. Des formulaires d'enquête sanitaires, comprenant des illustrations pour guider l'inspection de nombreuses variétés de puits, sont disponibles dans l'annexe 2 de la deuxième édition des Directives Internationales de l'OMS pour la Qualité de l'Eau de Boisson (DQEB).¹⁴³ D'autres problématiques pertinentes concernant la bonne conception des puits face aux situations d'inondation sont couvertes par le chapitre 6 de la 2e édition des DQEB. Il comprend des recommandations quant à la profondeur du joint sanitaire (3 m) et du casing (jusqu'à la nappe phréatique) pour les puits tubulaires. Il est conseillé que la hauteur minimum du casing soit de 30cm à partir du sol. Toutefois, dans des zones sujettes aux inondations, la hauteur devrait être plus élevée.¹⁴⁰

En plus de protéger les puits qui sont actuellement utilisés, il est également important de condamner les puits abandonnés afin de protéger la qualité de l'eau des nappes phréatiques dans les zones inondables.¹⁴¹ Si un puits n'est pas correctement scellé, l'eau des crues risque de contaminer l'eau de surface mais aussi l'eau souterraine.

L'équipement a posteriori des puits d'eau potable équipés de pompes manuelles de levage a été entrepris de façon systématique dans les zones inondables de l'Uttar Pradesh, en Inde. Veuillez trouver un exemple d'une pompe à main anti-inondation à la Figure 7. De plus amples informations sur les coûts et le succès du programme peuvent être trouvées ci-dessous.^{150, 151}

Figure 7: Pompe à main anti-inondation à Bahraich, Uttar Pradesh, Inde. Le tablier fait 1 mètre de haut et 2,9m de diamètre. L'angle d'inclinaison est de 45 degrés, assez progressif pour éviter que la base soit endommagée en cas d'inondations.



Source et photo: Administration de District, District de Bahraich, Uttar Pradesh, Inde.¹⁵⁰

Ce chapitre traite des interventions de protection contre les inondations qui sont généralisables à la plupart des types d'inondations et quels que soient les paramètres. Toutefois, l'ampleur, le début des interventions, et leur ajustement, peuvent différer considérablement. Le Global WASH Cluster a publié des descriptions de différentes classes d'inondations ainsi que des conseils sur la préparation et quelles réponses avoir face aux inondations en milieu urbain¹⁴⁸ et rural.¹⁴⁹

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

Un climat plus chaud est très susceptible d'entraîner des précipitations plus fréquentes et plus intenses.¹⁴⁴ Les inondations peuvent entraîner la contamination des puits d'eau potable et peuvent également empêcher leur accès lorsque les crues sont trop hautes.

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

La bonne santé de la communauté et de l'activité économique nécessite la continuité de l'approvisionnement en eau potable. Fermer et surélever les puits peut prévenir à la fois la contamination de l'eau potable et la perte de l'accès à la tête du puits. Assurer un accès continu à l'eau potable diminue la probabilité que les populations se déplacent lors des crues modérées.

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

Des connaissances de base sur la technologie de l'approvisionnement en eau et sur les principes de santé publique sont nécessaires pour pouvoir effectuer des enquêtes sanitaires.¹⁴⁵ Il faut aussi posséder de l'expérience dans le forage d'un type de puits particulier, ainsi que des compétences de base en constructions en béton.

Entreprendre une étude sur la répartition de la population, sur l'emplacement des points d'eau, leur élévation et leur état, peut grandement améliorer l'efficacité des programmes de protection contre les inondations. Cette étude devrait ensuite être comparée à des cartes des plaines inondables afin de déterminer les zones prioritaires à protéger contre les inondations. Cette procédure peut être utilisée pour s'assurer que les mesures d'urgence conseillées par l'OMS soient suivies avant même que les inondations aient lieu: (1) au moins un point d'eau en usage pour 250 personnes et (2) la distance maximale d'un point d'eau au premier logement doit être inférieure à 500 mètres.¹⁴⁶

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

Un programme de formation ou de certification pourrait être nécessaire pour ceux qui effectuent des enquêtes sanitaires sur les puits dans les zones inondables. Certaines capacités institutionnelles sont nécessaires afin de déterminer si, où, et comment, les fonds publics doivent être alloués pour la construction ou l'aménagement de puits (voir la section D).

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

La construction de nouveaux puits est très coûteuse et nécessite souvent des plates-formes de forage ou d'autres équipements spécialisés. L'aménagement des puits contre les inondations peut généralement être réalisé avec des constructions de base au niveau du sol ou légèrement au-dessus du niveau du sol. On estime que le coût de l'aménagement des puits contre les sécheresses – qui consiste à élever le tablier et la pompe à main (Figure 7) - est d'environ 315\$ par puits en Inde.¹⁵⁰ En comparaison, les coûts liés à l'installation d'un nouveau forage dépendent fortement du type de sol, de la profondeur de la nappe phréatique, et d'autres facteurs ; on les estime être compris entre 1000 et 1500 \$ en Inde et 10 000 et 15 000 \$ dans certaines parties de l'Afrique.¹⁴⁷

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

De fréquentes inondations bloquent temporairement l'accès aux pompes manuelles et augmentent par conséquent les besoins des citoyens en solutions anti-inondation.¹⁵⁰ Les communautés qui possèdent des approvisionnements alternatifs (par exemple des réseaux de canalisations) exprimeront généralement moins de besoins/désireront moins investir dans des puits aménagés contre les inondations.

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

On peut trouver des descriptions des différents types d'inondations (prédictibles, régulières ; imprédictibles, importantes ; de courte durée, progression lente, et inondations côtières) pour les environnements urbains et ruraux. Les caractéristiques, la durée de ces inondations ainsi que les facteurs clés au niveau local, influencent très fortement les réponses qui seront données à ces inondations. Pour plus de détails, veuillez vous référer aux références concernant les milieux urbains¹⁴⁸ et les milieux ruraux.¹⁴⁹

Des indications claires sur la planification, la conception et la construction de travaux de protection sanitaire autour des puits d'eau potable peuvent être trouvées au chapitre 18 du livre de l'Association Internationale de l'Eau (IWA, acronyme anglais) intitulé « Protecting Groundwater for Health. » (Préserver les Eaux Souterraines pour la Santé). Il a été mis à disposition gratuitement en ligne.¹⁴¹

Une étude de cas concernant un programme de pompes à main anti-inondation dans l'état d'Uttar Pradesh en Inde est disponible en ligne.¹⁵⁰ On y trouve également des nouvelles récentes concernant le programme.¹⁵¹

Favoriser l'Utilisation de Dispositifs de Plomberie et d'Appareils Economiseurs d'Eau

Domaines: Préservation de l'Eau

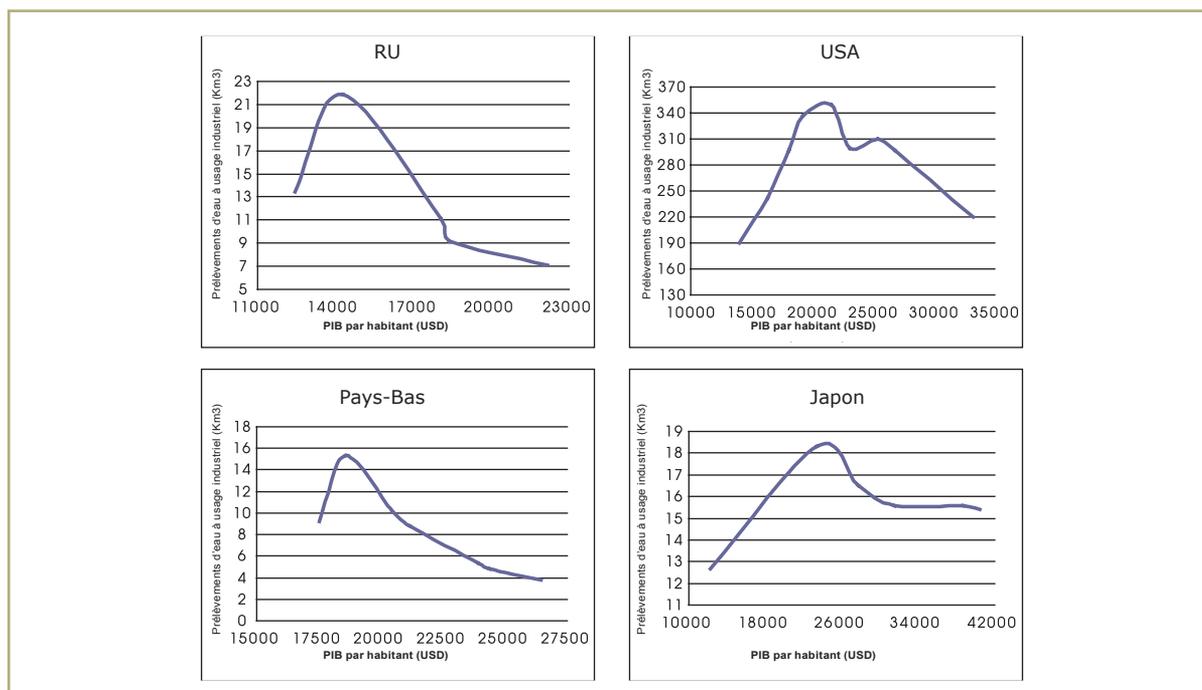
Terminologie du Glossaire: La Courbe Environnementale de Kuznets (EKC); Dispositifs de plomberie

A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

Il est prouvé que la consommation d'eau par habitant d'une société suit l'évolution de la Courbe Environnementale de Kuznets (EKC).^{152, 153} Ceci signifie que la consommation par habitant augmente très rapidement avec le développement économique d'une société, jusqu'à un certain moment décisif où la consommation commence alors à diminuer (voir Figure 8).

On trouve des exemples de pays industrialisés qui ont connu une baisse de leur consommation par habitant, y compris les Etats Unis et le Japon. Aux USA, la consommation de l'eau par habitant fut la plus élevée en 1975, puis a diminué d'environ 30% au cours des 30 dernières années.¹⁵⁴ Bien que cette amélioration soit principalement liée à une augmentation du rendement industriel et agricole, l'utilisation d'appareils et de dispositifs de plomberie économiseurs d'eau dans les foyers, les institutions et les bureaux, peut largement contribuer aux mesures de préservation de l'eau. Au Japon, la consommation d'eau domestique a augmenté de 25% dans les années 80 puis a commencé à diminuer en 2000. Ce progrès peut être attribué à une utilisation plus répandue des appareils et des dispositifs de plomberie économiseurs d'eau.¹⁵⁵

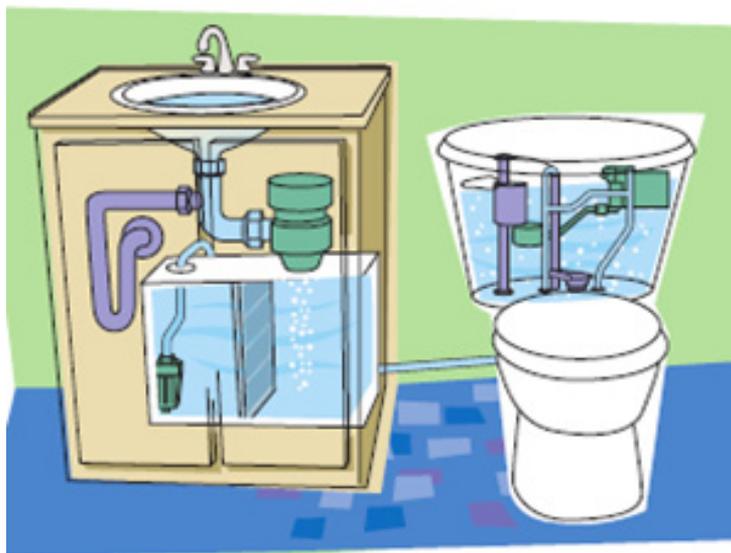
Figure 8: Consommation industrielle par rapport au PIB par habitant aux EUA, RU, Japon et aux Pays-Bas.



Source: Adaptée de Yang et al.

Les appareils économiseurs d'eau les plus communs incluent les lave-vaisselle et les lave-linge; les éléments de plomberie les plus populaires sont les pommes de douche et les robinets. A rendement comparable, ceux-ci économisent tout simplement de l'eau (par exemple les pommes de douche à jets réduits). Ces appareils peuvent aussi être beaucoup plus complexes, tels que les dispositifs de plomberie qui utilisent l'eau grise des éviers pour la chasse d'eau des toilettes (voir Figure 9). D'autres produits donnent des signaux visuels ou sonores à leurs utilisateurs sur la consommation des ressources afin de provoquer un changement de comportement.¹⁵⁶

Figure 9: Les toilettes Aqus™ utilisent l'eau grise de l'évier pour la chasse d'eau.



Source: Elizondo et Lofthouse (2010) ¹⁵⁶

Le transfert des pays riches vers les pays en voie de développement des technologies qui économisent l'eau, peut potentiellement permettre d'atteindre plus rapidement le moment décisif de la courbe EKC et ainsi protéger les ressources en eau.³³ Mettre ce genre d'appareils à disposition sur le marché est une démarche nécessaire mais pas suffisante. Trois grandes stratégies visant à accroître l'utilisation de dispositifs de plomberie et d'appareils économiseurs d'eau sont abordées ci-dessous:

- Mandats – fixer des normes en matière de consommation d'eau pour les nouvelles constructions et pour le remplacement des anciens appareils et dispositifs de plomberie; rendre obligatoire les appareils économiseurs d'eau dans les établissements publics.
- Etiquetage - systèmes de certification pour les produits économiseurs d'eau; rajouter sur les étiquettes l'information concernant le coût estimé d'utilisation (aussi appelée la « deuxième étiquette de prix »).
- Les incitations fiscales - pour l'achat et l'installation des produits ayant une utilisation rationnelle de l'eau; pour l'aménagement et le remplacement des appareils plus anciens.

Ci-dessous, quelques exemples de stratégies utilisées aux EUA. Pour plus d'exemples, veuillez vous référer à la section H (Exemples et études de cas de différentes régions du monde). En plus de ces stratégies, certains services publics ont, dans le but de diminuer les pressions sur l'approvisionnement en eau, expérimenté la distribution gratuite de pommes de douche à débit réduit.¹⁵⁸

Les mandats: En 1992, le gouvernement américain a fixé à l'échelle fédérale des normes d'utilisation rationnelle de l'eau pour toutes les nouvelles installations (Tableau 3). Il a été fixé une norme de 6 litres maximum par chasse tirée. On estime que cette décision a permis d'économiser près de 8 millions de mètres cubes par jour aux EUA.¹⁵⁹

Tableau 3: Le gouvernement américain a fixé des normes d'utilisation rationnelle de l'eau minimales pour tout nouveau dispositif de plomberie. Ces normes sont rentrées en vigueur en 1992.

Appareil	Volume
Toilettes (W.C.)	6 litres par chasse d'eau
Pomme de douche	9.5 litres par minute
Robinets	8.3 litres par minute
Urinoirs	3.8 litres par chasse d'eau

Source: Dickinson, 2000.¹⁵⁹

L'étiquetage: L'USEPA (l'Agence Américaine pour la Protection de l'Environnement) a mis en place les programmes d'étiquetage et de certification Energy Star et WaterSense. Tous les produits à la fois consommateurs d'eau et d'électricité (par ex. lave linge, lave vaisselle) doivent remplir des conditions d'utilisation rationnelle d'énergie et d'eau afin de pouvoir bénéficier du label Energy Star.¹⁶⁰ Les produits WaterSense doivent excéder les normes minimales ; ils utilisent en moyenne 20% moins d'eau que les produits similaires de même catégorie.¹⁶¹

En plus de la certification générale, les étiquettes peuvent inclure des estimations relatives à la consommation annuelle de l'appareil, ou pendant toute la durée de sa vie, ou bien même indiquer le coût de son usage comparé à celui de produits concurrents. De cette façon, le consommateur peut être informé de la « deuxième étiquette du prix » (le coût de faire fonctionner l'appareil pendant toute sa durée de vie) et des économies qui peuvent être réalisées à long terme.

Les incitations fiscales: En plus des économies attribuables aux faibles coûts de fonctionnement, les gouvernements peuvent fournir d'autres incitations financières en permettant le remboursement d'impôt/ taxe pour l'achat et l'installation d'appareils qui permettent d'économiser de l'eau. Le gouvernement américain a mis en place des mesures d'incitations fiscales pour l'achat et l'installation de certains produits qui permettent des économies d'énergie. Les gouvernements locaux ont également mis en place des programmes de remboursement des dépenses.

Bien qu'elles soient importantes et efficaces, ces mesures ne représentent qu'un échantillon des stratégies utilisées pour réduire la consommation d'eau des ménages. Former les utilisateurs, relever la consommation des maisons individuelles, mettre en œuvre une tarification volumétrique, réparer les fuites, et limiter l'utilisation d'eau en extérieur, font également parties des mesures importantes qui peuvent amener un changement.^{156, 162}

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

Un climat plus chaud est très susceptible d'entraîner des sécheresses plus fréquentes.¹⁶³ De plus, on estime que d'ici 2050, la croissance démographique va engendrer un stress hydrique et des pénuries d'eau dans de nombreux pays. La préservation de l'eau est un élément essentiel des stratégies globales visant à réduire la pression exercée sur les ressources en eau existantes. Les secteurs industriels et agricoles représentent la grande majorité de la consommation mondiale d'eau douce. Toutefois, le total

des prélèvements d'eau douce, recueillis par le Pacific Institute dans 163 pays, montre que l'utilisation d'eau moyenne faite par les ménages représente 16% de la consommation.¹⁶⁴ Par conséquent, les efforts de préservation de l'eau faits au niveau des ménages peuvent largement contribuer à la réduction de la pression exercée sur les ressources en eau.

Réduire la consommation d'eau dans les systèmes municipaux contribue également aux efforts d'atténuation des effets du changement climatique ; cela entraîne une baisse de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. Préserver l'eau peut conduire à d'importantes économies d'énergie utilisée pour le transport, le traitement et la distribution de l'eau courante.¹⁶⁵

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

Développer l'accès à l'eau courante dans les maisons engendre des effets bénéfiques en matière de santé et de développement. Cependant, la demande en eau des ménages augmente fortement dès lors que ceux-ci ont accès à des installations sanitaires et à des appareils dont l'utilisation exige beaucoup d'eau.¹⁶⁶ Lorsque la population s'accroît et que les ressources en eau subissent un stress hydrique, le développement économique risque d'être ralenti.¹⁶⁷ Mettre en œuvre des mesures pour une consommation plus économique de l'eau au sein des foyers peut ralentir le moment où le stress hydrique apparaîtra et pourra préserver les ressources en eau.

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

S'il on veut avoir une infrastructure qui fonctionne bien avec la mise en place d'un cadre avec des normes, des tests, et des procédures de certification pour les appareils économiseurs d'eau, il est nécessaire de posséder une expertise à travers un large éventail de différents domaines. Des professionnels expérimentés dans la mise en place de normes et de certification dans d'autres secteurs pourraient transférer leurs connaissances pour qu'elles soient appliquées dans le domaine de la gestion rationnelle de l'eau. Alternativement, les normes pourraient être adoptées dans une partie ou tout un pays voisin où les mêmes produits sont généralement disponibles.

Quels que soient les mécanismes utilisés pour encourager la préservation de l'eau, les décideurs et les habitants doivent être formés. Les initiatives visant à promouvoir la préservation de l'eau peuvent être lancées dans les écoles, à travers les médias et via d'autres moyens. Il est important de mettre en place des stratégies de marque et de marketing afin que les habitants connaissent bien l'étiquette de certification et puissent l'associer à la qualité et l'efficacité.

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

Le développement de l'utilisation d'appareils économiseurs d'eau est avant tout un défi institutionnel. Bien que certains citoyens puissent être motivés par des préoccupations environnementales pour économiser l'eau, des incitations économiques, entre autres, seront certainement nécessaires afin d'inciter ou d'imposer l'installation, la production et la vente de ces appareils.^{156, 168, 169} Des processus transparents sont également nécessaires pour pouvoir mettre en place des normes, ainsi que des tests et un système de certification pour chaque produit. De plus, l'usage d'incitations fiscales nécessite une structure fiscale qui puisse permettre des dérogations (par exemple pour la taxe sur la vente) ou des crédits d'impôt pour certains achats.

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

Selon les capacités existantes, la mise en place d'un processus de certification qui fonctionne bien peut être coûteuse. Cependant, les coûts pour les ménages individuels sont généralement peu élevés et peuvent être entièrement recouverts par les économies d'eau faites pendant toute la durée de vie du produit.

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

Les potentielles fausses déclarations ou les cas de corruption dans un processus de certification et d'étiquetage représentent un vrai défi. Même aux États-Unis, où les processus de certification et les systèmes juridiques fonctionnent relativement bien, il a fallu se battre pour que les labels Energy Star reflètent fidèlement la consommation d'énergie.¹⁷⁰ Les tarifs fixes quant à la consommation d'eau (volume non mesuré) représente un obstacle majeur à la mise en œuvre de programmes de préservation de l'eau au niveau des ménages car ils suppriment toute incitation financière à économiser l'eau.

Les populations qui perçoivent l'importance de la préservation de l'environnement et des ressources en eau seront généralement plus ouvertes à des changements de comportements relatifs à la consommation d'eau. Dans les régions où les gens se sentent étroitement liés à leurs communautés, ils sont plus disposés à mettre de côté leur intérêt individuel afin de pouvoir conserver une ressource collective.¹⁶⁹ Des codes fiscaux bien pensés ainsi que la possibilité de faire bénéficier certains produits d'une exonération de taxe sur la vente, représentent des solutions supplémentaires pouvant être utilisées comme moyen d'incitation.

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

C'est dans un rapport rédigé par l'Union Européenne (UE) en 2009 que l'on peut trouver la compilation la plus complète des normes relatives à l'utilisation rationnelle de l'eau dans le monde.¹⁷¹

A ce jour, l'UE n'a pas encore publié de normes obligatoires pour les produits consommateurs d'eau mais on s'attend à ce que cela soit bientôt mis en place grâce à la directive cadre sur l'Eco-conception. Ce rapport donne un aperçu des mesures volontaires et obligatoires au sein de l'UE, dans les Etats membres et dans le reste du monde. Il fournit également des informations détaillées sur les effets des politiques existantes, les gains estimés si des mesures d'économies de consommation d'eau étaient mises en place, sur les procédures de tests des appareils, sur les options en matière de politiques, et d'autres informations très utiles. Les principales conclusions du rapport qui puissent être utiles aux intervenants hors UE incluent les suivantes:

- En Europe, les catégories d'appareils dont le remplacement par des appareils plus économes en eau pourrait générer le plus d'économies sont les suivantes: les lave-vaisselle (55% moins d'eau), les toilettes (53%) et les machines à laver (32%). Remplacer tous les appareils standards des foyers par des appareils moins consommateurs d'eau se traduirait par une diminution totale de la consommation de 32% (soit plus de 40 000 litres par ménage).
- Les normes obligatoires issues de la directive européenne Eco-design concernant la consommation d'eau d'appareils clés pourraient conduire à une réduction de 20% des besoins d'approvisionnement en eau fournie par les services publics. Si on enlève les dispositifs de plomberie qui ne consomment pas de l'énergie directement (comme les pommes de douche et les toilettes), l'efficacité de telles mesures serait diminuée ; les économies potentielles quant à l'approvisionnement public en eau ne seraient alors que de moins 6% au lieu des moins 20% estimés. Si l'on compare les programmes

de normes obligatoires aux programmes d'étiquetage menés par des initiatives volontaires, ces derniers généreraient beaucoup moins d'économies, avec une réduction des besoins en eau fournie par les services publics estimée à - 0,7% seulement.

- Les économies d'énergie indirectes faites grâce aux dispositifs de plomberie/appareils économiseurs d'eau (pompe de douche, robinets et douches) sont considérables ; ils permettent de réduire la consommation d'énergie des chauffe-eau de 20%. Cela représente 0,5% de l'approvisionnement total en énergie primaire de l'UE.¹⁷¹

Un rapport sur l'utilisation rationnelle de l'eau au Royaume-Uni a été rédigé par l'ONG britannique Waterwise. Il comprend plus de 40 propositions spécifiques pour améliorer l'utilisation rationnelle de l'eau. La plupart de ces propositions ne sont généralement pas spécifiques au Royaume-Uni et peuvent être applicables à d'autres pays.¹⁷²

Veuillez vous référer à la page des Références pour trouver des informations sur les appareils économes en eau au Japon, sur l'augmentation de leur taux d'utilisation, ainsi que des descriptions, en japonais, d'initiatives locales.¹⁵⁵

Les programmes américains pour la préservation de l'eau et de l'énergie sont très présents sur Internet. On peut trouver des études de cas de 17 communautés aux États-Unis ayant mis en œuvre des programmes de préservation de l'eau avec succès. Beaucoup de ces programmes incluent des mesures visant à accroître l'utilisation de dispositifs de plomberie et d'appareils économiseurs d'eau.¹⁵⁸

Le Bureau des études géologiques des États-Unis (USGS) gère une base de données détaillée sur la consommation de l'eau par les ménages américains. La base de données est mise à jour tous les cinq ans et de nombreux documents décrivant les méthodes et les données sont disponibles en ligne.¹⁷³ D'autres ressources disponibles en ligne comprennent une calculatrice afin d'estimer les économies faites grâce à l'utilisation des produits WaterSense,¹⁷⁴ ainsi que de claires descriptions des normes Energy Star pour toutes les catégories de produits.¹⁶⁰

Les normes obligatoires pour l'Australie, la Nouvelle-Zélande, l'Espagne, l'Italie, le Royaume-Uni et Singapour ont été trouvées. Les normes volontaires ont été trouvées pour d'autres pays asiatiques et européens. Aucune information sur les normes quant à la consommation d'eau des ménages n'a été trouvée pour l'Amérique latine ou l'Afrique.

La Gestion, la Détection et la Réparation des Fuites dans les Réseaux de Canalisations

Domaines: Préservation de l'Eau

Terminologie du Glossaire: Eau non génératrice de revenu (NRW); Eau non comptabilisée (ENC); Consommation non-autorisée; Pertes apparentes; Pertes réelles; Audit de l'Eau; Gestion des fuites

A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

L'Eau non génératrice de revenu est la différence entre le volume d'entrée à un système de distribution municipal (par exemple à partir d'une usine de traitement) et la consommation autorisée facturée (par exemple l'eau pour laquelle les services publics reçoivent un paiement). Le terme « eau non génératrice de revenu » (NRW) a largement remplacé celui de « l'eau non comptabilisée » (ENC) parmi les professionnels du secteur de l'eau et c'est celui-ci que nous utiliserons ici. La NRW est communément exprimée en pourcentage de la quantité totale du volume d'eau dans un système. La NRW représente généralement un grand pourcentage du volume d'entrée d'eau. Des enquêtes menées auprès de villes d'Amérique du Sud et de l'Inde montrent que 40% ou plus de volume d'entrée en eau était perdu et représentait de la NRW.^{175,176,177}

La NRW se compose de trois catégories: la consommation autorisée mais non facturée; les pertes apparentes; et les pertes réelles. La consommation autorisée mais non facturée (par exemple l'eau donnée à un organisme sans but lucratif) représente habituellement une petite fraction. Les pertes apparentes comprennent la consommation non autorisée (par exemple des branchements illégaux) et les erreurs de compteurs; celles-ci représentent souvent un pourcentage considérable de la NRW totale, en particulier dans les pays en voie de développement. Les pertes réelles sont constituées de toute eau qui est physiquement perdue et hors système avant qu'elle ne puisse atteindre le compteur d'eau du consommateur. Une petite fraction de ces pertes peut inclure le débordement des réservoirs de stockage des services publics. Toutefois, la grande majorité des pertes réelles sont dues à des fuites dans les systèmes de distribution; ce chapitre se concentre sur la détection et le traitement de ces fuites.

Dans le monde entier, que cela soit les pays riches ou les pays en développement, les fuites dans les systèmes de distribution représentent un problème majeur pour les services publics d'approvisionnement en eau. Dans de nombreux pays industrialisés, les conduites de distribution d'eau ont été installées il y a des décennies et approchent leur fin de vie. L'Agence américaine de protection de l'environnement (USEPA) a déclaré que le remplacement ou la réhabilitation des systèmes de distribution et de transport de l'eau représentent l'un des plus grands besoins en infrastructures du pays. Un taux de fuite entre 10 et 20% est considéré être normal et, dans certaines régions des USA, la vétusté de l'infrastructure fait perdre jusqu'à 50% de l'eau distribuée.¹⁷⁸ Dans les pays en voie de développement, les causes classiques de fuite comprennent non seulement le fait que les canalisations soient trop vieilles mais aussi de mauvaises conceptions et constructions des réseaux, des dommages faits à des systèmes de canalisation trop exposés et des fuites au niveau des raccordements mal faits.¹⁷⁷

La gestion, la détection et la réparation des petites fuites dans un système de distribution sont des fonctions critiques de l'exploitation et de la maintenance du système. Elles sont cependant souvent négligées. La rupture de grandes conduites principales d'eau peut causer des dommages sensationnels et attirer l'attention des médias, mais ces problèmes catastrophiques ne représentent qu'environ 1% de la perte d'eau due aux fuites.¹⁷⁸ Certaines petites fuites sont visibles à la surface du sol et peuvent être alors facilement identifiées. Cependant, de nombreuses fuites continuent sous terre pendant des mois ou des années avant d'être détectées. Une fuite mineure de quatre litres par minute risque de durer des années avant d'être remarquée et d'engendrer la perte de plus de deux millions de litres par an. Les méthodes de gestion des fuites peuvent empêcher les fuites ou réduire leur volume. La technologie de détection de fuite peut améliorer la capacité des services publics à réagir rapidement et à réparer les fuites.^{178, 179}

Avant la mise en œuvre de programmes formels de gestion, de détection et de réparation des fuites, il est nécessaire de réaliser un audit de l'eau afin de quantifier les fuites et de hiérarchiser les actions relatives à leur gestion. Les audits de l'eau sont généralement menés par le biais du suivi des apports en eau, du débit dans le système de distribution, et de l'utilisation de la clientèle au cours d'une période de faible débit (la nuit). Ces informations sont ensuite utilisées pour quantifier les pertes et identifier les zones qui ont beaucoup de fuites. Plus d'information et du matériel de formation quant aux audits de l'eau peuvent être trouvés dans d'autres sources (voir les références).^{177, 180}

La gestion des fuites: Dans certains pays, les services publics répondent au problème des fuites de manière réactive. Ils réagissent lorsque les fuites ont été identifiées et selon le résultat des audits. Cependant, le Royaume-Uni a développé des approches proactives afin de prioriser la détection des fuites et de contrôler la pression du système. En résumé, cela consiste à définir de petites zones géographiques où les foyers sont contrôlés quant aux nombres de fuites totales qu'ils produisent, puis à permettre des méthodes de détection intensives afin de cibler des zones clés. La gestion de la pression, c'est-à-dire la baisse de la pression du système lorsque la demande est basse, peut engendrer une diminution, sur le long-terme, du volume d'eau perdue en raison des fuites, et peut également augmenter la durée de vie des canalisations.¹⁷⁹

Cependant, une pression disponible 24h sur 24 devrait être la première priorité et la gestion de la pression ne devrait pas être utilisée par les services publics qui peinent déjà à maintenir un système de pression d'eau adéquate.¹⁸¹ Veuillez vous référer aux références pour plus d'informations et pour des conseils sur la gestion des fuites.¹⁸²

La détection des fuites: Ces dernières années, de nombreuses nouvelles technologies de détection de fuite ont émergées. À la fin du 20e siècle, les principales méthodes utilisées pour la détection des fuites comprennent les méthodes acoustiques, la thermographie infrarouge, le traceur chimique, et les méthodes mécaniques. Parmi les méthodes acoustiques on trouve: des microphones au sol, des enregistreurs acoustiques sur les raccords de tuyauterie, et des détecteurs captifs de fuites placés dans les canalisations. Les technologies nouvelles et émergentes comprennent le géoradar (GPR), des corrélateurs de bruits de fuites avec enregistreur acoustique, des corrélateurs numériques et des interféromètres radio.¹⁸³ Des méthodes acoustiques plus avancées ont également récemment été développées tels que les systèmes de détection de fuites qui ne nécessitent pas d'être accrochés sur les canalisations (par exemple les systèmes Sahara® et SmartBall®). De plus amples informations sur ce genre de technologies sont disponibles dans les références.^{179, 184, 185}

Les méthodes acoustiques sont capables de reconnaître les fuites sur la base des caractéristiques de la restitution sonore que la fuite crée. Afin de choisir la méthode de détection de fuites la plus adéquate, il faut prendre en considération le matériau et le diamètre des canalisations d'un système. Les méthodes acoustiques ont été utilisées avec succès depuis plusieurs années pour la détection de fuites dans les tuyaux métalliques. Toutefois, leur application dans un tuyau non métallique est plus difficile; les sons créés dans les tuyaux en plastique ou en béton ont tendance à avoir une fréquence plus faible et à s'atténuer plus rapidement. Malgré ces défis, les innovations technologiques récentes ont permis d'employer avec succès les méthodes acoustiques pour ce type de tuyaux.^{177, 178, 185, 186}

La réparation des fuites: Les nouvelles technologies permettent de détecter les fuites de façon rapide et précise. Cependant, investir dans des systèmes de détection rapide est inutile si les réparations ne sont pas rapidement effectuées par la suite. Les réparations des canalisations qui sont trouées ou percées sont généralement effectuées soit à l'extérieur de la canalisation, soit en insérant un tuyau plus petit à l'intérieur

de celui qui est troué/percé. La complexité et la durée des réparations peuvent varier considérablement: d'un seul ouvrier qui ressert un écrou à des équipes de plusieurs personnes avec pelleteuses qui passent des jours à réparer une canalisation très profonde. Il est évident qu'il faut faire une analyse du coût de la réparation par rapport au coût du remplacement des canalisations qui sont déjà plutôt anciennes.^{177, 192}

Les systèmes d'eau à alimentation intermittente ne peuvent pas bénéficier de la plupart des méthodes de gestion de détection des fuites décrites ci-dessus. De plus, les fuites sont encore plus graves dans les systèmes intermittents où une concentration de chlore résiduel n'est pas toujours maintenue et où l'infiltration est un phénomène très commun.¹⁸⁵ La pression de l'eau doit être assez importante pour que le matériel de détection de fuites puisse être utilisé efficacement. Par conséquent, les méthodes alternatives de détection de fuite dans les systèmes intermittents consistent à isoler une petite zone du réseau en fermant les robinets d'arrêt des clients, ce qui déclenche une pression temporaire dans cette zone, puis à utiliser des méthodes conventionnelles ou des méthodes modifiées de détection de fuite. Des informations de base sur ces méthodes peuvent être trouvées dans les références.¹⁷⁷

Il est nécessaire d'avoir des connexions avec compteurs d'eau, non seulement pour pouvoir mesurer la préservation de l'eau mais aussi comme outil pour détecter les fuites sur les canalisations qui ne sont pas gérées par les compteurs d'eau des clients. En général, lorsque les utilisateurs reçoivent une facture d'eau anormalement élevée, ils iront se plaindre aux services publics. Il est également possible de mettre en place un système automatique afin de signaler au personnel des services publics de l'eau les augmentations importantes des factures de certains habitants ou des relevés de certains compteurs d'eau. Une étude menée au Royaume-Uni a révélé que la consommation d'eau a diminué de 10% suite à l'installation de compteurs.¹⁷⁷

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

Le réchauffement du climat risque fortement d'engendrer des sécheresses.¹⁸⁸ De plus, la croissance démographique va, dans les décennies qui viennent, plonger plusieurs pays en situation de stress hydrique et de pénurie d'eau. La détection et la réparation des fuites d'eau dans les réseaux de canalisations d'eau représentent donc des éléments très importants des stratégies globales qui visent à réduire le stress exercé sur les ressources en eau disponibles.

Réduire la consommation d'eau dans les systèmes municipaux contribue également à atténuer le changement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. Détecter et prévenir les fuites dans les systèmes d'approvisionnement en eau peut conduire à d'importantes économies au niveau de l'énergie utilisée pour le transport, le traitement et la distribution de l'eau.¹⁸⁹

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

Développer l'accès à l'eau courante dans les maisons engendre des effets bénéfiques en matière de santé et de développement. Cependant, la demande en eau des ménages augmente rapidement pendant la transition du développement.¹⁹⁰ L'augmentation de la population exerce un stress sur les ressources en eau, ce qui peut entraver le développement économique.¹⁹¹ La prévention des fuites d'eau peut ralentir l'apparition de stress hydrique et préserver les ressources en eau limitées. En outre, le retour sur investissement de ces programmes est souvent rentable puisqu'ils engendrent la préservation de l'eau, la réduction des coûts de traitement et de distribution, et la réduction des coûts d'entretien et de remplacement (voir la section F).

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

Le guide de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sur la gestion et la détection de fuite est un excellent outil de renforcement des capacités. Celui-ci peut permettre au personnel des services publics d'initier leur propre programme de formations de qualité à moindre coût.¹⁷⁷

La technologie de détection des fuites se développe rapidement. Les services publics qui sont assez grands devraient posséder une expertise en interne sur les technologies les mieux adaptées à la surveillance de leur systèmes et sur les nouvelles technologies dont ils pourraient bénéficier.

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

Les éléments institutionnels dépendent largement de la perception/des attitudes par rapport aux fuites et au gaspillage de l'eau au sein des services publics et des institutions politiques.¹⁷⁷ Une culture organisationnelle au sein des services publics d'eau concernant la préservation et la viabilité financière peut motiver les employés à réduire les fuites. Si la conservation de l'eau, en particulier lors de périodes de stress hydrique ou de sécheresse, est considérée comme une priorité par la population, les politiciens qui sont informés des économies potentielles d'eau seront plus enclins à financer des programmes de détection et de gestion des fuites.

La détection et la réparation des fuites peuvent être entreprises quelque soit le système de canalisations. Cependant, les technologies utilisées pour détecter les fuites doivent être compatibles avec les ressources du système. Pour les systèmes autogérés par la communauté et les systèmes en milieu rural possédant des canalisations hors-sol, la détection et la réparation des canalisations devraient être une priorité. La plupart des services publics de l'eau de petite taille devraient, de manière générale, sous-traiter la détection de fuite à une entreprise qui possède une connaissance adéquate en la matière.

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

Les coûts relatifs à la gestion, à la détection et à la réparation des fuites, comprennent la formation du personnel, la gestion, le travail effectué et l'équipement. Cependant, les programmes de gestion, de détection et de réparation sont généralement vite remboursés grâce aux économies que les réparations (effectuées rapidement) permettent, et grâce à la réduction du gaspillage de l'eau.¹⁹² Les fuites accélèrent l'érosion et entraînent souvent des dégâts des eaux. C'est pourquoi le fait de détecter le plus tôt possible les fuites présente de nombreux avantages supplémentaires tels que la réduction des coûts d'entretien et une probabilité plus basse de défaillances catastrophiques. Les systèmes de surveillance à distance permettent également de confirmer que les tuyaux sont en bon état et d'empêcher alors de les remplacer de façon prématurée.¹⁷⁹

Le guide de l'OMS comprend une étude approfondie des coûts et des avantages liés aux programmes de gestion, de détection et de réparations des fuites.¹⁷⁷

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

Si les décideurs sont informés du fait que les avantages économiques des programmes de gestion, de détection et de réparation des fuites, contrebalancent largement leurs coûts, les opportunités de mise en place de tels programmes devraient être très importantes. Les avantages économiques sont particulièrement importants lorsque: (1) les coûts d'énergie pour le transport, le traitement et la distribution sont chers; (2) l'infrastructure est vieillissante et les fuites sont importantes; (3) le bris de conduites d'eau

clés conduit à l'attention des médias et à une pression politique; (4) en situation de stress hydrique ou période de pénurie en eau; (5) la préservation de l'eau est considérée comme une question importante.

Par contre, la motivation pour prévenir les fuites peut être faible si l'eau est bon marché et abondante, et lorsque les services publics de l'eau sont à court de personnel ou sont sous-financés.

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

L'OMS a publié un guide de formation très complet sur la gestion et le contrôle des fuites. Son contenu est pertinent pour tout le personnel des services publics d'eau, que cela soit les inspecteurs des fuites ou les cadres supérieurs. L'annexe 2 comprend un atelier étude de cas. Des études de cas supplémentaires au Royaume-Uni, sur les Îles Cook et les Îles Samoa peuvent être trouvées dans l'annexe 3.¹⁷

Vous pouvez également trouver dans les références un rapport contenant trois études de cas menées en Australie sur la gestion des fuites grâce au système de contrôle de pression.¹⁹³ Une autre étude de cas sur la gestion des fuites, cette fois-ci en Corée du Sud, est disponible sous forme de comptes rendus de conférence.¹⁹⁴

De nombreuses études de cas concernant la détection des fuites sont publiées par des sociétés comme un moyen de promouvoir leurs produits. Toutefois, il existe un document rassemblant les comptes rendus de conférences concernant une étude de cas qui compare plusieurs méthodes de localisation de fuites dans les canalisations enterrées.¹⁹⁵

Le Soutien Post-construction (SPC) pour les Systèmes d'Approvisionnement en Eau à Gestion Communautaire

Domaines: Diversification de l'approvisionnement en eau; Préparation pour affronter des phénomènes météorologiques extrêmes; Résistance à la dégradation de la qualité de l'eau

Termes du Glossaire: Soutien post-construction (SPC); Recouvrement des coûts; Tarifs douaniers; Modèle de gestion communautaire axée sur la demande

A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

Un nombre de plus en plus grand de preuves démontrent que le soutien post-construction (SPC) augmente les chances de succès et la durée de vie des systèmes d'eau gérés par les communautés. Cela s'applique également aux systèmes qui sont mis en œuvre en suivant toutes les recommandations récentes sur les pratiques exemplaires en matière de « modèle de gestion communautaire axé sur la demande ».^{197, 198, 199, 200, 201}

Historiquement, les interventions au niveau des systèmes d'approvisionnement en eau dans les zones rurales ont souvent échoué. En 1990, un consensus s'est dégagé concernant les projets: (1) ils doivent être axés sur la demande; (2) ils doivent être gérés par un comité de l'eau de la communauté; (3) ils nécessitent le recouvrement partiel des coûts en capital; (4) ils nécessitent le recouvrement intégral des coûts d'exploitation et de maintenance (O&M); (5) ils doivent assurer que les pièces de rechange soient disponibles à l'achat sur les marchés locaux; et (6) ils doivent inclure un rôle plus important des femmes dans la prise de décision. La mise en place de ce modèle de gestion « axé sur la demande et géré par la communauté » dans les projets d'eau ruraux, a donné lieu à des améliorations substantielles quant au succès et à la durabilité de l'approvisionnement en eau en milieu rural.^{196, 201, 202, 203} Ce succès a souvent fait croire aux gens que si les pratiques exemplaires étaient suivies lors de la mise en œuvre, le SPC ne serait pas nécessaire.^{197, 198, 199, 200, 201}

Le SPC est généralement mené dans le cadre de programmes conduits par les gouvernements, les municipalités, les donateurs multilatéraux, ou diverses ONG. Les différents types de SPC comprennent notamment:

- Des formations techniques pour les opérateurs des réseaux d'eau
- Un soutien technique et un soutien en ingénierie comprenant la fourniture de manuels techniques
- Une aide financière et comptable (par exemple la mise en place de tarifs)
- Un soutien quant au règlement des litiges (concernant par exemple le paiement de factures ou les sources d'eau)
- De l'aide pour l'entretien, les réparations ainsi que pour trouver des pièces de rechange
- Un soutien pour la recherche de financements extérieurs pour l'O&M, le développement ou la réparation
- De l'aide pour évaluer si l'approvisionnement sera suffisant pour le développement du réseau ou en cas de sécheresse
- Des visites à domicile chez les résidents pour discuter l'utilisation du système d'eau, etc.¹⁹⁷

Le SPC peut être classé de façon grossière, soit en fonction de la demande (sollicitée), soit en fonction de l'offre (non-sollicitée). Bien que les données soient limitées et très récentes, il est prouvé que le succès de ces programmes dépend de la décision prise par la communauté de poursuivre ou non le SPC.¹⁹⁷

Les résultats préliminaires indiquent que les grands programmes de SPC non-sollicité ou les programmes fournissant des réparations et une assistante technique gratuite, n'engendrent pas une amélioration de la pérennité du système, ni même une amélioration de la satisfaction du client.¹⁹⁷ Ces résultats correspondent à l'idée que le modèle « axé sur la demande et géré par la communauté », et qui nécessite que les communautés prennent la pleine responsabilité de leurs systèmes, engendrera une amélioration des performances. Cependant, les activités non-sollicitées qui aident les communautés à renouveler ou développer leurs propres capacités, sont prometteuses pour améliorer l'exploitation du système et mieux

satisfaire les utilisateurs. Les activités qui ont donné les meilleurs résultats dans des contextes d'activités non-sollicitées comprennent:

- Une formation non technique en finance et en gestion pour les comités locaux ou ceux qui gèrent les systèmes
- Des visites de soutien non technique pour aider les comités du service d'eau à gérer le côté administratif ou régler les litiges.¹⁹⁷

Il est prouvé que les comités de services d'eau ayant reçu un SPC non-technique ont une approche similaire à une « petite entreprise », c'est-à-dire qu'ils privilégient plus souvent la viabilité économique et la collecte de tarifs douaniers.²⁰² Les rapports sur l'efficacité des programmes de formation technique des opérateurs ont fait état de succès dans certains cas sans les épuiser.^{197, 198, 204, 205} Une étude systématique des programmes de SPC n'a pas été effectuée en raison de difficultés expérimentales telles que le biais d'auto-sélection.

Bien qu'il y ait peu d'études universitaires systématiques, il existe de nombreuses preuves pratiques qui indiquent que le SPC peut améliorer les performances et la viabilité du système. Des études de cas et les leçons tirées de programmes de SPC dans de nombreux pays sont référencées ci-dessous.

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

En 1990, dans les pays en voie de développement, l'eau courante était l'approvisionnement principal en eau potable pour moins de 12% des habitants. En 2006, ce pourcentage était de plus de 21% et il devrait augmenter à plus de 28% en 2020.^{206, 207} L'amélioration de la résistance d'un nombre croissant de réseaux de canalisations gérés par les communautés rurales, représente l'un des plus grands défis de l'adaptation au changement climatique.

Les services d'approvisionnement en eau gérés par les communautés sont généralement plus vulnérables aux événements climatiques extrêmes et sont moins en mesure d'évaluer la durabilité des ressources en eau que les systèmes gérés par les services publics. Le SPC peut être un moyen d'habiliter les comités d'eau et les opérateurs de la communauté à accéder aux ressources financières, techniques et de gestion, qui permettent aux systèmes d'approvisionnement en eau gérés par les services publics de se préparer et de s'adapter à des situations où les précipitations peuvent être très importantes.

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

L'accès à l'eau salubre et durable, en particulier pour l'eau à domicile, est crucial pour le développement. Cependant, les systèmes de gestion communautaire ont souvent du mal à obtenir un approvisionnement sûr et durable. Le SPC peut contribuer à améliorer la performance et la durabilité de l'approvisionnement.

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

Il est important que le personnel du programme SPC ait une compréhension large et holistique des questions qui touchent le succès et la durabilité de l'approvisionnement en eau en milieu rural. Historiquement, de nombreux professionnels ont focalisé sur des solutions dans leur domaine d'expertise spécifique (par exemple les ingénieurs identifiaient les mauvaises technologies ou les mauvaises constructions, tandis que les économistes identifiaient les mauvaises structures tarifaires, etc.) et ne voyaient alors souvent pas quel était le problème.¹⁹⁷

Les domaines du renforcement des capacités peuvent considérablement varier, mais des programmes de formation, des manuels et, éventuellement, des certifications peuvent être utiles si l'on veut que le SPC soit mis en œuvre à grande échelle.

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

Quatre modèles institutionnels de base du SPC ont été identifiés au cours d'une étude de plusieurs années réalisée en Amérique latine et financé par USAID. Les définitions de ces quatre modèles sont des citations directement extraites de leurs sources;²⁰¹ ces sources comprennent des études approfondies, des études de cas, les leçons tirées de ces modèles, ainsi que des modèles hybrides combinant plusieurs aspects de différents modèles:

- **Modèle Centralisé:** Modèle dans lequel les services d'aide sont fournis par une agence ou un ministère du gouvernement opérant à partir d'un point central et qui est directement impliqué dans les structures de gestion communautaire dans les zones rurales
- **Modèle déconcentré:** Modèle dans lequel les services de soutien sont fournis par un organisme du gouvernement central qui fonctionne avec un certain degré d'autonomie et par le biais de bureaux régionaux ou départementaux
- **Modèle de transfert:** Modèle où l'autorité et la responsabilité de prestation de services de soutien sont transférées d'un organisme de l'administration du gouvernement central à un niveau décentralisé du gouvernement, en général au niveau municipal
- **Modèle de délégation:** Modèle où la responsabilité de prestation de services de soutien est déléguée par l'agence centrale ou locale du gouvernement à une tierce partie, telle une ONG, une entreprise du secteur privé ou une association de consommateurs dans un domaine pertinent²⁰¹

Quelque soit le modèle, il est important que les rôles et responsabilités du personnel du SPC soient bien définis. Plus important encore peut-être, il faut que les comités d'eau de la communauté comprennent clairement quelles tâches sont sous la responsabilité de la communauté en matière d'exploitation, d'entretien et d'administration. Les rôles respectifs de toutes les parties prenantes doivent être enregistrés et diffusés.²⁰¹

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

Il est essentiel que les programmes de SPC aient une source de financement fiable. Les coûts comprennent les salaires, les frais généraux, les coûts de formation, ainsi qu'un budget important pour que le personnel de terrain puisse se rendre dans les communautés rurales. Divers modèles de financement et des études de cas ont été présentés dans le cadre d'un projet financé par USAID.²⁰¹

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

L'efficacité du SPC est bien documentée mais toutes les parties prenantes ne savent pas combien ce programme est important. Intégrer le SPC dans les pratiques exemplaires du secteur de l'eau en milieu rural, tout comme cela a été fait pour les modèles de gestion communautaire axée sur la demande, nécessite que toutes les parties prenantes clés soient formées.

Le SPC est parfois considéré par les organisations (ONG, bailleurs de fonds) comme un gaspillage de ressources. Les organisations favorisent les projets dont le succès peut être mesuré avec des paramètres

plus identifiables (par exemple: on a fourni de l'eau potable à 3000 personnes), qui sont facilement quantifiables et qui peuvent rapidement démontrer le retour sur investissement. De la même façon, les politiciens préfèrent inaugurer de nouveaux projets par des cérémonies d'inauguration. Les avantages du SPC sont principalement à moyen terme et à long terme et sont souvent difficiles à quantifier.

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

Des compte-rendu approfondis et perspicaces de nombreux programmes SPC menés en Amérique latine ont été rédigés lors d'une étude sur plusieurs années financée par USAID. Ces documents sont disponibles gratuitement en ligne et touchent à de nombreux aspects du SPC, avec un accent particulier mis sur les aspects institutionnels.²⁰¹ Des études de cas approfondies concernant un sous-ensemble de ces programmes sont également disponibles.²⁰⁸

Parmi ces programmes, on trouve l'exemple du modèle utilisé au Nicaragua depuis 1997. Le programme avait pour but de fournir un appui complémentaire aux services d'approvisionnement en eau gérés par les communautés rurales. En plus de la structure existante qui comprend des comités de service d'eau bénéficiant de l'appui des représentants régionaux de la société nationale de l'eau et de l'assainissement (ENACAL), ce programme emploie également un agent chargé de faire la promotion de l'O&M au niveau local. Cet agent municipal est un employé du gouvernement local mais il travaille sous la supervision technique du représentant régional d'ENACAL. Dans l'ensemble, ce programme fut un succès: Après deux ans, 95% des 300 systèmes fonctionnaient à des niveaux acceptables ou supérieurs à la moyenne.²⁰⁸

Des études de cas de projets menés par WaterAid dans quatre pays (Ethiopie, Inde, Ghana et Tanzanie) comprennent l'analyse des effets des soutiens post-construction.²⁰⁰

Les leçons tirées de l'étude des systèmes d'appui SPC au Ghana, au Pérou et en Bolivie sont disponibles^{197, 199} On peut également trouver gratuitement en ligne les résultats de ces projets sous la forme de présentations en diapositives,²⁰² ainsi qu'un compte rendu de La Banque Mondiale.¹⁹⁸

Une étude des formations SPC dans les communautés canadiennes Premières est également disponible et constitue le chapitre d'un livre.²⁰⁴

La Collecte des Eaux de Pluie à Partir de Contenants sur le Sol — Petits Réservoirs et Micro-bassins

Domaines: Diversification de l’approvisionnement en eau; Réalimentation des nappes phréatiques; Contrôle et Rétention des Eaux Pluviales

Terminologie du Glossaire: Micro-bassin; Petit réservoir ; Ruissellement; Évapotranspiration; Transpiration; Digue; Etangs-réservoirs/Réservoirs du village; Bassin versant ; Bassin hydrologique

A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

Avant de pouvoir être utilisées, la plupart des précipitations qui tombent sur les établissements humains sont perdues dans l'atmosphère par évapotranspiration (évaporation et transpiration d'eau absorbée par les plantes), ou coulent dans les rivières loin des habitations. Dans certaines régions riches en eau, en particulier les régions riches possédant une infrastructure centralisée d'eau, ces pertes ne constituent pas une préoccupation majeure. Cependant, dans de nombreuses régions pauvres en eau, les infrastructures de collecte à petite échelle peuvent grandement contribuer au volume d'eau douce disponible pour la consommation humaine. Cela est particulièrement vrai dans les régions arides et semi-arides, où le peu de précipitations tombées est généralement très intense et souvent saisonnier. Pour cette raison, le ruissellement et le débit des rivières peuvent être abondants pendant de brèves périodes mais inexistant le reste de l'année.^{209, 210}

Ce chapitre couvre la collecte, le stockage et l'utilisation des précipitations qui tombent sur le sol. La collecte directe à partir des toits est couverte par le chapitre intitulé La Collecte des Eaux de Pluies à Partir des Toits. Les deux grandes catégories abordées dans ce chapitre sont:

- La collecte des précipitations à partir du sol en utilisant des « micro-bassins » pour détourner ou ralentir les eaux de ruissellement de sorte qu'elles puissent être stockées avant de s'évaporer ou avant de rejoindre les cours d'eau;
- La collecte des écoulements d'une rivière, d'un ruisseau ou de tout autre cours d'eau naturel (parfois appelé la récolte des eaux de crue). Cette technique comprend souvent une structure en terre ou autre matériau, afin d'endiguer le cours d'eau et de former de « petits réservoirs. »

Les micro-bassins sont souvent utilisés pour « emmagasiner » l'eau, tout comme l'humidité du sol le fait pour l'agriculture. De petits réservoirs sont généralement utilisés dans des zones à précipitations saisonnières afin de s'assurer que suffisamment d'eau soit disponible pendant la saison sèche.

Cette large catégorisation peut fournir un cadre de base pour définir quelles sont les stratégies appropriées dans un contexte donné. De plus amples informations détaillées sur les définitions techniques de ces deux catégories peuvent être trouvées à partir d'autres sources;^{209, 211} il n'est pas essentiel de connaître les distinctions techniques pour comprendre ces définitions et ces distinctions outrepassent d'ailleurs la portée de ce livret.

Les infrastructures de collecte et de stockage peuvent être naturelles ou construites par l'homme et peuvent également prendre plusieurs formes. Celles-ci comprennent:

- Les réservoirs au sol (par exemple des citernes) et les excavations (gainées pour permettre l'étanchéité ou non-gainées) dans lesquels l'eau de pluie est dirigée depuis la surface du sol. Leur volume est généralement petit (quelques m³ maximum) et ils sont souvent utilisés par un seul ménage ou une seule institution (par exemple une école ou une clinique).
- Les petits réservoirs avec diguettes en terre ou avec des remblais pour contenir les eaux de ruissellement ou le débit de la rivière (on les appelle « étangs-réservoirs » dans le nord du Ghana, « réservoirs du village » en Asie du Sud). Les digues ou les remblais de terre sont généralement construits à partir de déblais provenant de l'intérieur d'un réservoir que l'on a creusé pour augmenter sa capacité de stockage. Un déversoir ou un barrage permet de contrôler les débordements lorsque la capacité de stockage est dépassée. Des études sur les petits réservoirs au Ghana et au Sri Lanka ont révélé un large éventail de surfaces et de volumes; Les surfaces moyennes pour le Ghana et le Sri Lanka étaient de 5 et 12 ha respectivement. Le volume de stockage moyen au Ghana était d'environ 50 000 m³^{210, 211}

- Les aquifères souterrains peuvent être réalimentés en dirigeant l'eau d'un puits non gainé vers le bas. La réalimentation des nappes phréatiques constitue également un des avantages des réservoirs non gainés; l'eau stockée infiltrera les sols perméables pendant le stockage et pourra alors éventuellement atteindre la nappe phréatique. Vous pouvez trouver dans les références des exemples d'expériences réussies de réalimentation des nappes phréatiques grâce à la collecte des eaux de pluie.^{214, 215}
- L'humidité du sol pour l'agriculture. Beaucoup de méthodes de contrôle des eaux de ruissellement pour l'irrigation comprennent l'inondation des sols ou un temps de contact prolongé avec le sol afin d'augmenter l'humidité de la couche arable. Des méthodes traditionnelles étaient développées en réponse aux conditions locales et ont été pratiquées pendant des siècles. Comme exemples de ces pratiques il existe différentes variantes de cultures qui suivent les courbes de niveau du sol. Cette pratique peut être définie de façon générale comme le labour ou le fait de creuser des tranchées perpendiculaires à la direction de l'écoulement des eaux de ruissellement. Ceci a pour effet de ralentir les précipitations, de diminuer l'érosion et d'augmenter l'infiltration. De nombreux autres exemples sont décrits plus en détail et peuvent être trouvés dans les références.^{209, 211}

Les barrages souterrains sont une autre forme d'infrastructures de collecte/de stockage qui peuvent être utilisés pour répondre à ces mêmes problèmes. Cependant, ils ne rentrent pas précisément dans le cadre de ce chapitre. Ils sont uniquement indiqués pour comparaison et pour sensibiliser le lecteur à une autre option technique. Techniquement parlant, ces barrages ne recueillent pas la pluie tombée sur le sol mais ils servent le même but que les technologies énumérées ci-dessus et c'est pourquoi nous allons brièvement les décrire ici. Les barrages souterrains sont généralement utilisés dans les zones arides et semi-arides où les lits des rivières sont souvent à sec pendant une partie de l'année. Ils sont constitués d'une barrière à faible perméabilité (par exemple du béton) insérée dans le sol dans le lit de la rivière, ce qui permet de bloquer la direction de l'écoulement. Bien que, de manière saisonnière, le lit de la rivière puisse être à sec en surface, l'écoulement souterrain se poursuit souvent durant toute l'année. Le forage d'un puits en amont, le long du lit, permet l'accès à l'eau toute l'année. On ne peut pas installer des barrages souterrains partout et ils ne peuvent fonctionner que si la première couche de terre de la rivière est une couche imperméable peu profonde, comme un substrat rocheux ou argileux par exemple. Cependant, contrairement aux barrages classiques, ces barrages permettent les avantages suivants: moins de pertes liées à l'évaporation, une eau de qualité supérieure, et moins de prolifération de vecteurs/parasites.^{216, 217}

Les eaux souterraines ont généralement une qualité microbienne et organoleptique supérieure à celle de l'eau de surface. Par conséquent, la réalimentation des nappes phréatiques est une technique souvent utilisée pour reconstituer les aquifères qui fournissent de l'eau potable de très haute qualité. L'eau de pluie recueillie à partir de la surface du sol est généralement utilisée à des fins non potables, y compris pour l'irrigation, l'usage domestique général, et l'élevage. Cependant, dans certaines régions aux précipitations saisonnières, on utilise souvent de petits réservoirs pour l'approvisionnement en eau de boisson pendant la saison sèche, même si la turbidité de l'eau est forte et sa qualité bactériologique mauvaise.²¹⁸

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

Le changement climatique devrait augmenter la variabilité et l'intensité des précipitations. La variabilité est particulièrement préoccupante près de l'équateur, là où se trouvent la plupart des pays en développement.^{219, 220} L'épuisement des eaux souterraines, dû aux prélèvements excessifs, aux changements quant à l'utilisation des sols, et à la croissance démographique, risque d'être aggravé par ces changements de configuration des précipitations.

La collecte et le stockage des eaux de pluie peuvent fournir un approvisionnement en eau simple et fiable en saison sèche et en période de sécheresse. En outre, lorsque la pratique et la capacité de stockage d'eau de pluie se développent, elles peuvent jouer un rôle considérable pour limiter l'érosion des terres ainsi que le débit d'eau qui afflue dans les rivières principales et qui crée des inondations.^{212, 213} La collecte des eaux de pluie peut aussi largement contribuer à stabiliser l'épuisement des eaux souterraines.^{214, 215}

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

Le manque d'approvisionnement en eau nécessaire en période de sécheresse et pendant la saison sèche peut stopper le développement économique et entraver la santé et le bien-être des êtres humains.²²¹ L'accès à un approvisionnement suffisant en eau de pluie stockée peut diminuer le temps utilisé pour se rendre aux points d'eau éloignés. Il peut aussi accroître la productivité agricole et réduire l'épuisement des eaux souterraines. Il a été démontré que le fait d'augmenter l'approvisionnement en eau d'irrigation pendant la saison sèche, et même pendant de courtes périodes de sécheresse, pouvait générer une augmentation importante de la production agricole.^{217, 222, 223}

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

Les projets de collecte d'eau de pluie peuvent avoir des impacts hydrologiques négatifs sur les communautés en aval si trop d'eau est entreposée ou détournée. Les gouvernements locaux doivent avoir la capacité technique pour évaluer ces impacts s'ils veulent pouvoir prévenir les principales externalités et résoudre les conflits. Il est nécessaire d'avoir des compétences en systèmes d'information géographique (SIG), en logiciels d'imagerie satellite ou de télédétection à distance, ou des compétences pour utiliser d'autres outils qui puissent aider à déterminer la capacité de stockage des petits réservoirs.²²⁴ Veuillez vous référer à la Section E pour en savoir plus sur les besoins institutionnels associés à la résolution de litiges et aux externalités.

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

Des capacités politiques, législatives et institutionnelles sont nécessaires pour résoudre les conflits et les externalités qui peuvent résulter de la collecte des eaux de pluie. Au Kenya, il a été signalé des conflits entre petits agriculteurs touchés par un faible ruissellement. De plus, une infrastructure de stockage qui se développe peut réduire le débit fluvial et avoir des effets négatifs sur les communautés qui vivent en aval. Un service gouvernemental de l'irrigation a détruit un réservoir communal par crainte des conséquences hydrologiques négatives pour les communautés en aval.²²³

Les projets de réservoirs sont susceptibles d'échouer si les communautés ne cernent pas le besoin de stocker les eaux de pluie et si elles ont le choix entre différentes technologies.^{223, 225, 226} Les stratégies de gestion des stockages et des infrastructures d'irrigation au niveau communal sont soumises aux mêmes facteurs qui déterminent le succès des petits réseaux d'eau potable. Le modèle de gestion « axée sur la demande et gérée par la communauté » a bien fonctionné pour les petites réserves d'eau potable et il est susceptible de bien fonctionner pour ces systèmes également.²²⁷

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

La mise en œuvre des programmes de collecte d'eau de pluie à grande échelle devrait inclure une étude de la capacité actuelle du réservoir et de son emplacement. Le coût d'une telle étude peut être réduit en

utilisant des techniques de surveillance par satellite pour surveiller les eaux de surface, telles que les radars et autres méthodes qui ne peuvent pas être entravées par la couverture nuageuse.^{212, 228, 229}

Il est difficile de trouver des données spécifiques sur les coûts de construction et sur la mise en œuvre de projets de collecte d'eau de pluie. De nombreux facteurs, y compris l'ampleur du projet, l'emplacement, etc., peuvent faire varier les coûts. Les coûts des programmes de réhabilitation et de développement de petits réservoirs (appelés localement les « réservoirs de village ») financés par des fonds étrangers au Tamil Nadu, en Inde, ont été estimés: les réservoirs de village de ce programme étaient relativement grands (40 ha ou plus) et le coût moyen pour chacun des projets étaient d'environ \$ 50.000.²²⁶

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

L'augmentation de la productivité agricole, le potentiel d'un approvisionnement en eau tout le long de l'année et une diminution du temps consacré à la collecte de l'eau, constituent de fortes incitations pour motiver les propriétaires fonciers ou les collectivités qui envisagent la collecte des eaux pluviales. Les chances que la collecte des eaux de pluie au sol soit mise en place sont généralement plus grandes lorsque la pluviométrie est très variable ou saisonnière, quand la productivité agricole est clairement entravée par des périodes de sécheresse, et quand les autres solutions d'approvisionnement en eau sont éloignées.

Parmi les obstacles, on trouve: le potentiel d'effets hydrologiques défavorables en aval, ainsi que les besoins de capacité suffisante pour pouvoir évaluer ces effets (voir la section D). Toutefois, les impacts environnementaux et hydrologiques des petits réservoirs sont estimés être mineurs.²³⁰ Les chances que la capacité des petits réservoirs soit augmentée risquent d'augmenter lorsque l'approvisionnement en eau est insuffisant mais que les préoccupations environnementales, sociales ou juridiques, excluent le développement de grands réservoirs.

En outre, le stockage d'eau en surface peut entraîner la multiplication de parasites/vecteurs, la prolifération d'algues et une mauvaise qualité de l'eau, en particulier dans les petits réservoirs alimentés par le ruissellement agricole. Malgré la mauvaise qualité esthétique et microbienne de ces eaux, elles sont souvent utilisées comme eau de boisson lorsque les autres points d'eau sont éloignés ou coûteux.²¹⁸ La mise en place de technologies de traitement de l'eau des ménages peut être en mesure de résoudre ce problème (voir le chapitre de ce livret intitulé « Le Traitement et le Stockage Adéquat de l'Eau de Boisson des Ménages »).

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

Le site Internet du projet de petits réservoirs (*The Small Reservoirs Project*: <http://smallreservoirs.org/>) dispose de nombreuses ressources sur le stockage des eaux de pluie en surface dans les zones rurales et semi-arides (notamment au Brésil, au Zimbabwe et en Afrique de l'Ouest). La page « *Publications* » comprend des liens vers des dizaines d'articles, des rapports, des thèses, des présentations et des affiches ; la plupart sont gratuitement disponibles en ligne.

De plus amples informations sur les systèmes de récupération des eaux de pluie et des eaux de crue pour l'agriculture ont été publiées par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). Cette publication comprend également une bibliographie annotée listant des ressources clés publiées avant 1990.²¹¹

Récemment, la pratique de la réalimentation des nappes phréatiques grâce à la collecte des eaux de pluie est devenue plus largement pratiquée, en Inde et ailleurs. Des études de cas de l'Inde figurent dans les références.^{214, 215}

Des études de cas de barrages souterrains au Kenya et au Brésil ont été publiées par La Banque Mondiale. Celles-ci couvrent divers aspects de ces barrages: la construction, les coûts, les problèmes rencontrés et les avantages économiques.²¹⁷

La Collecte des Eaux de Pluies à partir des Toits

Domaines: Diversification de l'approvisionnement en eau; Réalimentation des nappes phréatiques; Résistance à la Dégradation de la qualité de l'eau; Contrôle et Rétention des eaux pluviales

Terminologie du Glossaire: Potable; Non-potable; Captage; Adduction; Déviation des Premières Pluies; Système Double

A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

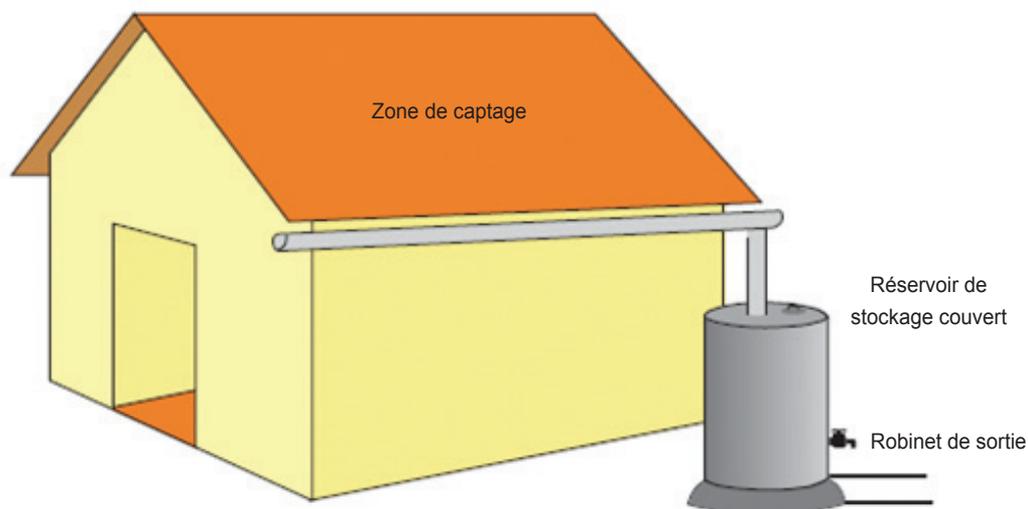
Bien que pratiquée depuis l'Antiquité, la collecte des eaux pluviales via des systèmes de rétention installés sur les toits, est une option technique de plus en plus conseillée comme solution complémentaire pour l'approvisionnement en eau des ménages et des institutions.²³² La proportion croissante de toits en matière dure (par exemple en tôle ou en tuiles) et l'accès facile au métal et au plastique pour l'adduction de l'eau, ont diminué le coût de la mise en œuvre de la collecte des eaux de pluie (CEP) au niveau des ménages.

Dans les pays en développement, la CEP est le plus souvent utilisée pour recueillir de l'eau potable pour les ménages. Dans les régions plus riches où l'eau courante de bonne qualité est disponible de façon fiable, l'eau est généralement collectée à des fins non-potables, telles que l'irrigation des espaces verts (pelouses et jardins), les chasses d'eau, et le lavage des vêtements. La gamme des options de CEP pertinentes dans un contexte donné dépend de la qualité, du coût, de la viabilité des autres sources d'approvisionnement en eau pour les ménages, de la configuration des précipitations, des revenus du ménage et d'autres facteurs.

Cette section de ce livret se concentre principalement sur la CEP à partir des toits, destinée à l'eau potable et à d'autres utilisations que les ménages peuvent faire de l'eau. La CEP pratiquée pour les écoles et les institutions suit les mêmes principes généraux et bénéficie généralement d'économies d'échelle lorsqu'il faut approvisionner des populations importantes. Dans certaines conditions, l'excès d'eau récupérée par les institutions peut également être utilisée pour répondre aux besoins d'approvisionnement des ménages.²³³ La CEP pratiquée aux fins d'une utilisation en eau potable est également brièvement couverte dans ce chapitre. Cela comprend une brève introduction aux systèmes de double canalisation des ménages qui utilisent l'eau de pluie collectée.

Un système simple de CEP individuelle à partir des toits est illustré dans la Figure 10. Les caractéristiques principales d'un système de CEP à partir des toits incluent: (1) Une zone de captage où tombent les précipitations ; (2) un système d'adduction composé de gouttières et de tuyaux pour transporter et diriger l'eau ; et (3) des récipients pour stocker l'eau qui sera utilisée ultérieurement. Le fait d'intégrer la préservation de la qualité de l'eau dans le système rajoute un ou plusieurs éléments supplémentaires. La qualité de l'eau peut être protégée par l'ajout d'un ou plusieurs des éléments suivants: La filtration/le tamisage ; la désinfection chimique ; un dispositif de déviation des premières pluies. Le dispositif de déviation des premières pluies consiste à enlever le volume initial des précipitations collectées afin de préserver la qualité de l'eau. Il a été suggéré qu'en règle générale, la contamination est réduite par moitié pour chaque mm de pluie enlevé.²³⁴ Intégrer les eaux collectées dans le système de canalisation d'une résidence ou d'un autre bâtiment augmente considérablement les dépenses mais aussi le niveau d'expertise nécessaire pour gérer le système.

Figure 10: Caractéristiques de base d'un système CEP pour une maison individuelle.



Source: Adaptée de UN-HABITAT¹

Avant de mettre en œuvre un programme simple de collecte des eaux pluviales dans le but d'approvisionner les ménages en eau potable, il faut pouvoir répondre positivement à trois questions. Celles-ci sont légèrement adaptées de Thomas et Martinson (2007).²³⁵

- Est-ce que l'approvisionnement actuel de l'eau est défini par les ménages comme étant sérieusement insuffisant en volume, pas assez propre, pas assez fiable ou pas assez pratique?
- Y a-t-il des capacités locales pour définir et installer des systèmes CEP dans cette région, ou serait-il possible d'en créer dans une période de temps convenable?
- Y a-t-il une surface de collecte sur toits durs suffisante par habitant? Cette décision doit être basée sur l'utilisation prévue de l'eau de pluie (par exemple, seule source d'eau pendant toute l'année, ou utilisée à titre d'eau potable seulement pendant la saison des pluies), sur la taille du réservoir, et sur les précipitations moyennes. Les paramètres spécifiques sont disponibles dans Thomas et Martinson (2007).²³⁵

S'il n'est pas possible de répondre « oui » à ces trois questions, il se peut que la CEP ne soit pas la technique appropriée.

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

La CEP contribue à l'adaptation au changement climatique au niveau des ménages principalement grâce à deux mécanismes: (1) la diversification de l'approvisionnement en eau des ménages; et (2) une résistance accrue à la dégradation de la qualité de l'eau. Elle peut également réduire la pression exercée sur les ressources en eau de surface et souterraine (par exemple, le réservoir ou l'aquifère exploité pour l'approvisionnement en eau courante) en diminuant la demande des ménages ; elle a aussi été utilisée comme un moyen pour réalimenter les nappes phréatiques.²³⁶ Un autre avantage possible de la CEP à partir des toits est l'atténuation des inondations grâce à la collecte du ruissellement sur les toits pendant les orages.

Le changement climatique risque d'augmenter l'intensité et la variabilité des précipitations. Ce phénomène est particulièrement préoccupant à proximité de l'équateur où les pays en voie de développement se concentrent.

Le stockage de l'eau de pluie peut assurer une sécurité à court terme en périodes de faibles précipitations, ou dans le cas de pannes ou de dégradations d'une autre source d'approvisionnement en eau.^v

La CEP est largement pratiquée dans de nombreux pays du monde entier. Plus de 60 millions de personnes utilisaient la CEP comme principale source d'eau potable en 2006 et ce nombre devrait augmenter à plus de 75 millions en 2020.²³⁷ Il est probable que des centaines de millions d'autres personnes recueillent l'eau de pluie afin d'avoir une source d'approvisionnement supplémentaire, non seulement pour l'eau potable mais aussi pour d'autres utilisations que la consommation. La CEP peut participer à l'adaptation au changement climatique, même dans les pays les plus développés. La croissance économique dans les pays à faible revenu conduit à une augmentation de la couverture de l'eau courante et de la consommation d'eau par habitant.²³⁸

Lorsque l'approvisionnement des canalisations est sûr et fiable, la CEP, pour des utilisations autre que la consommation, peut partiellement contrebalancer l'augmentation de la consommation des ménages. Dans certaines parties des États-Unis, la moitié de la consommation d'eau résidentielle et institutionnelle est destinée à l'irrigation des paysages;²³⁹ de simples barils pour récupérer la pluie sont souvent utilisés pour arroser les paysages sans puiser dans l'approvisionnement en eau courante. Un tiers de l'eau résidentielle en Europe est utilisée pour les chasses d'eau et 15% dans les machines à laver et les lave-vaisselle.²⁴⁰ En Allemagne et ailleurs, l'utilisation des eaux de pluie pour les utilisations autres que la consommation est de plus en plus courante.

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

Intégrer la CEP dans les pratiques d'eau des ménages dans les pays en voie de développement peut contribuer de manière significative au développement grâce aux économies faites d'argent et de temps. L'eau de pluie stockée est un moyen pratique et peu coûteux d'approvisionnement en eau à proximité des foyers. Cela peut diminuer de manière considérable le temps passé à aller chercher de l'eau ou à faire la queue à des points d'eau.²³⁵ Cela peut également engendrer d'importantes économies pour les ménages qui sont parfois obligés d'acheter de l'eau en bouteille ou dans des distributeurs. Dans plusieurs contextes, la CEP peut réduire l'exposition à des agents pathogènes d'origine hydrique en fournissant une meilleure qualité d'eau potable et une eau de haute qualité à d'autres fins domestiques telles que l'hygiène, le bain et lavage.

La pénurie d'eau peut ralentir le développement économique et diminuer la santé et le bien-être des êtres humains.²⁴¹ Par conséquent, la CEP peut contribuer au développement dans les pays au climat aride et semi-aride, même dans les endroits bénéficiant d'un approvisionnement en eau potable fiable. En réduisant la demande d'approvisionnement en eau de haute qualité et en capturant l'eau qui se serait autrement évaporée, la CEP augmente efficacement la disponibilité d'eau par habitant. Cela peut augmenter la durabilité des ressources en eau et réduire les dépenses publiques et privées liées aux infrastructures de l'eau.

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

La CEP à partir des toits et dans des récipients de stockage est pratiquée dans certaines régions d'Afrique et d'Asie depuis des milliers d'années.²⁴² Dans les sociétés où la CEP est couramment pratiquée, la collecte des eaux pluviales par les ménages peut être mise en place de façon efficace avec peu de besoins en formation ou en renforcement des capacités; les chaînes d'approvisionnement locales pour les récipients de stockage et d'autres composants du système devraient être en place. L'exploitation et l'entretien se

composent principalement d'un nettoyage simple et de réparations de base. Cependant, des formations pour les ménages, en particulier celles liées à la protection de la qualité de l'eau (par exemple les méthodes de déviation de premières pluies ou de filtration) et à la budgétisation de l'eau de pluie, sont susceptibles de conduire à de meilleurs résultats.

Lors de la mise en place de la CEP dans une région où sa pratique n'est pas chose courante, un renforcement des capacités risque d'être nécessaire. Les aspects les plus difficiles seront probablement de générer une demande suffisante pour une industrie autosuffisante et d'établir des chaînes d'approvisionnement. Cependant, la plupart du matériel nécessaire pour la CEP n'est pas très spécialisé. On peut trouver des matériaux acceptables pour les systèmes de stockage et de transport dans pratiquement n'importe quelle ville du monde. Des conseils sur la mise en œuvre de nouveaux programmes de collecte des eaux pluviales figurent parmi les références.²³⁵

Contrairement aux systèmes simples, les systèmes de canalisations doubles de CEP pour les ménages nécessitent des plombiers professionnels, formés pour installer de tels systèmes. Le renforcement des capacités afin d'établir des cadres réglementaires pour les systèmes de canalisations doubles est traité dans la section E qui suit.

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

La CEP de base implique la collecte, la gestion et l'utilisation par les ménages et il y a peu ou pas de besoins institutionnels. Toutefois, les récipients de stockage présentent généralement de fortes économies d'échelle.²³⁵ Par conséquent, les ménages qui forment des groupes peuvent souvent tirer des avantages en guidant les eaux de pluie vers un ou plusieurs grands récipients de stockage partagés.

Dans les régions développées, la CEP pour l'irrigation des espaces verts est, elle aussi, initiée par les ménages individuels. Des conseils pour la mise en place et la conception de ces systèmes sont disponibles sur Internet.²⁴³

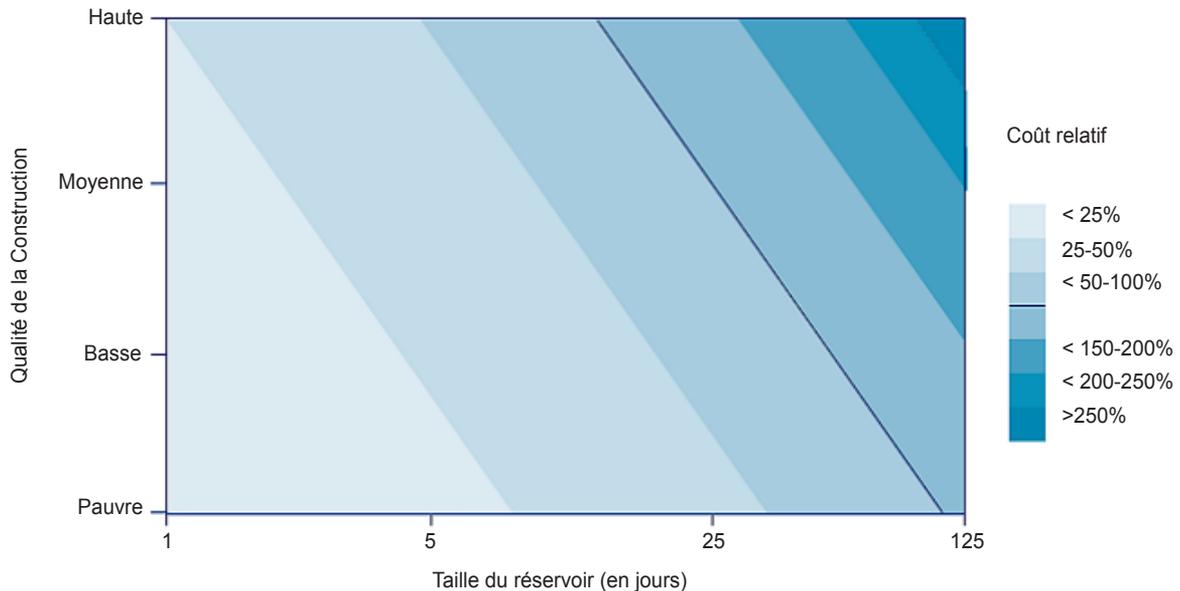
Si l'on veut encourager la CEP avec système de double canalisation, il sera alors souvent nécessaire de modifier les normes de plomberie et les codes de construction. De nombreux gouvernements nationaux et provinciaux ont mis en place des systèmes de codes et de normes. Certains d'entre eux sont mis à la disposition du public.^{244, 245}

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

Dans les zones rurales à faible densité, la CEP peut souvent fournir de l'eau aux ménages à un coût moins élevé que celui des autres options possibles. Si un ménage dispose déjà d'un toit en matériel rigide qui puisse être utilisé comme zone de captage, la dépense principale reste celle des récipients de stockage. Le coût des récipients de stockage dépend typiquement, entre autres, de la qualité de la construction et de la taille du réservoir. Un grand récipient de stockage de bonne qualité peut représenter un investissement relativement important pour les ménages pauvres. Dans le contexte du changement climatique, l'augmentation des précipitations extrêmes pourrait nécessiter un plus grand volume de stockage. La CEP permettrait alors de collecter le maximum de volume d'eau pendant les périodes intenses et d'approvisionner ainsi les ménages pendant les périodes de sécheresse prolongées.

La relation entre le coût, la qualité de la construction et la capacité de stockage du réservoir est illustrée dans la Figure 11. Thomas et Martinson (2007) inclut une analyse approfondie sur la conception du réservoir, sa construction et son coût.²³⁵

Figure 11: Graphique schématique du coût relatif du récipient de stockage par rapport à sa taille (en jours de stockage) et à la qualité de la construction.



Source: Thomas and Martinson (2007).^y

Dans les pays développés, la CEP pour l'irrigation des espaces verts représente généralement un investissement mineur. En revanche, les systèmes de canalisations doubles qui comprennent la récupération de l'eau de pluie, peuvent considérablement augmenter les frais d'une nouvelle maison, et l'aménagement a posteriori d'une vieille maison peut coûter encore plus cher.

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

Les chances que les ménages investissent dans la CEP sont plus grandes lorsque celle-ci engendre une économie de temps et d'argent, en plus d'augmenter les gains au niveau de la qualité de l'eau et en matière de santé. Lorsqu'il existe d'autres sources d'approvisionnement en eau, les conditions les plus favorables pour les investissements dans la CEP sont lorsque les autres sources d'eau: sont éloignées de la maison ; ont une eau dont la qualité est dégradée ; sont peu fiables ; ou lorsqu'elles sont coûteuses. Lorsque les matériaux de toiture « rigide » (par exemple en métal ou en tuiles, à l'opposé des toitures végétales) sont ceux déjà utilisés, les coûts d'investissement sont plus bas, l'efficacité du système plus grande et la qualité d'eau est supérieure. Les obstacles à la mise en œuvre de la CEP comprennent une toiture inadéquate ou insalubre (par exemple végétale), le manque d'espace pour des récipients de stockage appropriés, et une pollution extrême de l'air.²³⁵

Dans les pays développés, la sensibilité du public à la nécessité de conserver l'eau est probablement le facteur le plus important pour le développement de la CEP. Le fait d'économiser de l'argent, ainsi que les textes législatifs locaux contre l'irrigation des espaces verts avec de l'eau potable, peuvent également augmenter la pratique de collecte des eaux de pluie. A l'inverse, les subventions pour l'approvisionnement en eau courante suppriment certains des incitatifs économiques en faveur de la CEP.

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

Le Département du Développement Technologique de l'Université de Warwick (Royaume-Uni) possède de nombreuses ressources en ligne comprenant des publications techniques, des articles et des études de cas du monde entier.²⁴⁶ Parmi ces documents, on peut trouver un manuel de 150 pages qui fournit des indications détaillées pour les praticiens de la CEP. Il est disponible gratuitement en ligne et devrait être considéré comme la principale ressource pour ceux qui tentent de mettre en œuvre la CEP dans les foyers des pays en voie de développement.

Dix-sept études de cas sont accessibles à partir du portail de l'Université de Warwick consacré aux études de cas de CEP.²⁴⁷ Ces études de cas donnent des comptes rendus détaillés sur la conception, la fabrication, et la construction de divers systèmes de collecte des eaux pluviales en Asie et en Afrique. En outre, on peut y trouver une étude de cas plus large sur la mise en œuvre de la CEP dans les 'barrios' de Tegucigalpa, en Honduras (étude de cas 9).

Un rapport de l'ONU-HABITAT gratuitement disponible en ligne comprend 23 pages d'études de cas sur des projets CEP du monde entier.ⁱ

Une étude de cas de la CEP dans la zone urbaine de Bangalore en Inde est également disponible, bien que celle-ci englobe les systèmes de collecte d'eau au niveau du sol, en plus de ceux au niveau des toits.²⁴⁸

La Récupération et la Réutilisation de l'Eau

Domaines: Diversification de l'approvisionnement en eau; Réalimentation des nappes phréatiques; Résistance à la dégradation de la qualité de l'eau

Terminologie du Glossaire: Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE); Technologies respectueuses de l'environnement; Récupération de l'eau; Réutilisation de l'eau; Eau recyclée; Accroissement; Réutilisation involontaire; Réutilisation directe de l'eau potable; Réutilisation indirecte de l'eau potable; Réutilisation de l'eau non potable

A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

Dans de nombreuses communautés à travers le monde, la croissance des populations et des économies sont à l'origine de l'augmentation de la demande en eau douce à un rythme alarmant. Sans une stratégie rationnelle et durable de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE), la demande dans ces domaines peut rapidement dépasser l'offre disponible. Une approche intégrée qui devient de plus en plus acceptée est celle qui considère les eaux usées municipales comme ressource vitale pour des applications qui s'y prêtent, y compris l'agriculture et d'autres formes d'irrigation, mais aussi des applications industrielles et domestiques. Cette pratique est appelée *la récupération et la réutilisation de l'eau* et elle constitue un exemple de Technologie Respectueuse de l'Environnement (EST, acronyme anglais) car elle protège l'environnement, génère moins de pollution, utilise les ressources de manière plus durable, permet le recyclage de ses produits et déchets, et gère les déchets résiduels d'une façon plus acceptable que les technologies qu'elle remplace.²⁵⁰

Les termes récupération et réutilisation sont souvent utilisés dans divers contextes et ont différentes significations selon le contexte. Ce chapitre adopte les définitions conceptuelles d'un manuel sur la réutilisation de l'eau intitulé *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications* (La Réutilisation de l'Eau: Enjeux, Technologies et Applications). La récupération de l'eau est le traitement ou la transformation des eaux usées dans le but de la rendre réutilisable avec une fiabilité de traitement définissable et répondant à des critères de qualité corrects. La réutilisation de l'eau est l'utilisation des eaux usées traitées (ou eau récupérée) à des fins utiles. Il est également important de mentionner que, dans le langage courant, le terme « eau récupérée » est utilisé de manière interchangeable avec le terme, souvent culturellement plus accepté, « eau recyclée ».²⁵¹

Bien que ce chapitre porte sur les applications de la réutilisation de l'eau qui affectent directement l'approvisionnement en eau potable, il est important de noter que l'usage agricole représente la majorité de la consommation d'eau douce dans le monde entier. Par conséquent, l'accroissement de l'irrigation agricole avec de l'eau récupérée pourrait potentiellement générer les plus grandes économies de ressources mondiales en eau. En fait, l'eau récupérée est utilisée pour compléter l'irrigation agricole dans presque toutes les zones arides du monde.²⁵² L'OMS a publié un ensemble de directives mises à jour en 2006,²⁵³ destinées à servir de cadre pour le développement de normes et de réglementations nationales et internationales pour gérer les risques pour la santé associés à l'utilisation de l'eau récupérée dans l'agriculture. Ces lignes directrices devraient être consultées lors de l'élaboration des différentes méthodes de réutilisation de l'eau dans l'agriculture.

Un certain nombre de méthodes sûres et durables permettant de satisfaire la demande croissante en eau grâce aux eaux usées municipales a été identifié.²⁵¹ Ces méthodes comprennent:

- Utiliser de l'eau récupérée pour les opérations qui ne nécessitent pas d'eau potable
- Augmenter les sources d'eau existantes et fournir une source supplémentaire d'approvisionnement en eau afin d'aider à répondre aux besoins en eau actuels et futurs
- Protéger les écosystèmes aquatiques en diminuant le détournement de l'eau douce, ainsi qu'en réduisant la quantité de nutriments et d'autres contaminants toxiques dans les cours d'eau
- Retarder et réduire le besoin en structures de contrôle de l'eau
- Se conformer à la réglementation environnementale grâce à une meilleure gestion de la consommation d'eau et des rejets d'eaux usées

Les systèmes classiques de traitement des eaux usées intègrent plusieurs niveaux de traitement physique, biologique et chimique, afin de s'assurer que l'eau rejetée dans l'environnement ne présente pas un risque

important d'effets environnementaux ou sanitaires graves. Les eaux usées traitées sont généralement rejetées à la surface de l'eau et l'eau de surface est souvent utilisée comme source d'approvisionnement pour une station de production d'eau installée en aval. Ainsi, de nombreux systèmes réutilisent les eaux usées par inadvertance. Bien que cette réutilisation soit involontaire (aussi appelée réutilisation « imprévue », « incidente » ou « naturelle ») et se produit souvent, elle est rarement admise.²⁵² Attirer l'attention sur la réutilisation involontaire pourrait réduire la résistance du public à la réutilisation des eaux usées (voir section G).

La récupération et la réutilisation utilisent les mêmes technologies de traitement des eaux usées que le traitement conventionnel, y compris les clarificateurs secondaires, les différents modèles de bassins de filtration, les membranes et les bassins de désinfection. On peut trouver de plus amples informations concernant l'applicabilité de ces technologies à la récupération et à la réutilisation de l'eau.²⁵¹ Il est probable que chaque système de traitement de récupération de l'eau nécessite un certain degré de personnalisation. Cependant beaucoup d'améliorations ont été faites pour définir les applications de l'eau traitée via des procédés d'épuration classiques primaires (comme la sédimentation), secondaires (telle que l'oxydation chimique et la désinfection) et tertiaires (telles que la coagulation chimique, la filtration et la désinfection). L'ensemble le plus complet des recommandations quant aux procédés de traitement pour des utilisations spécifiques, aux limites de la qualité de l'eau récupérée, aux fréquences de contrôle, ainsi qu'à d'autres contrôles pour des applications diverses de la réutilisation de l'eau, a été développé par l'Agence Américaine pour la Protection de l'Environnement (USEPA).²⁵² Ces lignes directrices représentent une source d'informations précieuses pour les gestionnaires des ressources en eau qui envisagent de mettre en place des programmes de récupération et de réutilisation de l'eau. En règle générale, les utilisations qui impliquent un niveau d'exposition humaine plus important, nécessitent une eau qui a reçu des niveaux plus élevés de traitement. Bien qu'il ne soit pas exhaustif, le tableau 4 illustre un certain nombre des utilisations proposées par l'USEPA. Le rapport du PNUE sur l'eau et la réutilisation des eaux usées²⁵⁰ ainsi que le manuel intitulé *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications* (Réutilisation de l'Eau: Enjeux, Technologies et Applications),²⁵¹ contiennent également beaucoup d'informations sur les utilisations appropriées de l'eau recyclée.

La réutilisation directe de l'eau en tant qu'eau potable est très rarement recommandée, quel que soit le niveau de traitement que l'eau récupérée ait reçu ; et ce pour deux raisons techniques: (1) même lorsqu'il est techniquement possible d'éliminer tous les contaminants connus des eaux usées, des contaminants inconnus peuvent être présents; et (2) dans le cas d'une défaillance non-détectée du processus de traitement, des risques majeurs pour la santé sont susceptibles d'apparaître. Ces deux problèmes représentent encore aujourd'hui une menace potentielle pour la santé assez grande pour que la réutilisation directe des eaux usées à titre d'eau potable soit impossible dans la plupart des cas. Cependant, dans la plupart des situations, la principale raison pour laquelle la réutilisation directe de l'eau n'est pas entreprise est l'opposition du public (voir la Section G). En fait, l'usine de Windhoek en Namibie est le seul cas où l'approvisionnement en eau potable ait été directement augmenté grâce à de l'eau récupérée sur le long terme.²⁵¹

Traditionnellement, il a même été rare que le volume des réservoirs d'eau potable soit augmenté grâce à un apport en eau recyclée. Cependant cette pratique, connue sous le nom de réutilisation indirecte à titre d'eau potable, est devenue de plus en plus populaire ces dix dernières années et a été mise en œuvre avec succès dans un certain nombre de cas à travers le monde. Pour la réutilisation de l'eau recyclée en tant qu'eau potable, les exigences de traitement vont généralement au-delà des mesures tertiaires classiques de traitement énumérées dans le tableau 1. Par exemple, l'usine de réutilisation directe à titre d'eau potable en Namibie et les usines de réutilisation indirecte à titre d'eau potable à

Singapour (NEWater), ainsi que dans le comté d'Orange, en Californie (Water Factory 21) intègrent toutes des technologies avancées de traitement de l'eau potable avec des systèmes de récupération de l'eau. Ces technologies incluent la flottation à air dissous, la filtration par membrane, l'osmose inverse, et le rayonnement ultraviolet.²⁵¹ Il est encore généralement admis que la réutilisation à titre d'eau non potable peut conserver les ressources en eau dans la même mesure que la réutilisation à titre d'eau potable, tout en évitant la plupart des risques en matière de santé publique.²⁵⁵

Comme la plupart des régimes urbains de traitement des eaux usées et des réseaux de conduites d'égouts à travers le monde sont centralisés, l'intégration des méthodes de récupération et de réutilisation nécessitera probablement la modernisation des infrastructures existantes ou la construction de nouvelles infrastructures. Cet aspect de la récupération et de la réutilisation de l'eau est examiné plus en détail dans la section G de ce chapitre.

Une grande quantité d'information sur la récupération et la réutilisation de l'eau est disponible à travers des publications approuvées par des pairs. Un nombre considérable de manuels,^{251, 254} guides^{250, 252} et études détaillées^{255, 256} ont été développés dans le but d'essayer de rassembler et d'analyser toutes ces informations. Les gestionnaires des ressources en eau devraient consulter ces ressources afin d'obtenir des conseils et des lignes directrices quant à la réglementation de la réutilisation de l'eau, aux risques en matière de santé publique, aux technologies et aux systèmes de traitement appropriés pour la réutilisation de l'eau, aux applications faites de l'eau récupérée et aux mesures appropriées pour la planification et la mise en œuvre de méthodes de réutilisation de l'eau.

Tableau 4: Traitements de Récupération de l'Eau et Utilisations Suggérées

		Niveau de Traitement Municipal des Eaux Usées ^a		
		Primaire (Sédimentation)	Secondaire (Oxydation Biologique, Désinfection)	Tertiaire (Avancé) (Coagulation Chimique, Filtration, Désinfection)
Utilisations Suggérées ^b	Pas d'utilisations suggérées à ce niveau		Irrigation en surface des vergers et des vignobles	Irrigation des espaces verts et des terrains de golf
			Irrigation des cultures non vivrières	Chasse d'eau des toilettes
			Plans d'eau interdits à la baignade	Lavage des Véhicules
			Réalimentation des nappes phréatiques d'eau non potable ^c	Irrigation des Cultures Vivrières
			Marais, habitats fauniques, accroissement des débits fluviaux ^c	Plans d'eau récréatifs ouverts à la baignade
			Procédés industriels de refroidissement ^c	Réutilisation indirecte à titre d'eau ^{c,d}

a Le niveau de traitement augmente proportionnellement au niveau d'exposition humaine

b Les utilisations suggérées sont basées sur les directives faites par l'US EPA dans son guide sur la Réutilisation de l'Eau²⁵²

c Le niveau de traitement recommandé est spécifique au site

d La réutilisation indirecte sous forme d'eau potable comprend la réalimentation des nappes phréatiques d'eau potable et l'accroissement de l'approvisionnement en eau des réservoirs d'eau de surface.

Source: D'après les Lignes Directrices de l'US EPA quant à la Réutilisation de l'Eau²⁵²

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

Parmi un certain nombre d'autres prédictions faites par Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, il est prévu que le changement climatique entraîne une augmentation des périodes de sécheresse, une diminution des réserves d'eau douce, et l'augmentation du niveau de la mer.²⁵⁷ De tels changements peuvent avoir des effets catastrophiques sur la quantité et la qualité des ressources en eau de la planète. Cependant, les méthodes de récupération et de réutilisation peuvent être efficaces - et ont même prouvé qu'elles l'étaient - pour que la gestion des ressources en eau puisse s'adapter face à ces facteurs de stress. Plus important encore, la récupération et la réutilisation de l'eau contribuent à l'adaptation au changement climatique en permettant la conservation et la diversification des ressources en eau. L'utilisation de l'eau recyclée pour des applications qui ne nécessitent pas d'eau potable peut considérablement limiter l'épuisement des sources d'eau protégées et prolonger leur durée de vie utile. En outre, l'eau récupérée peut être utilisée pour des surfaces terrestres perméables ou directement injectée dans le sol dans le but de recharger les nappes souterraines et prévenir l'intrusion saline dans les zones côtières. Un exemple réussi est celui du projet de réalimentation des eaux souterraines de Montebello Forebay (the Montebello Forebay Ground Water Recharge Project) où, pendant plus de 40 ans, de l'eau recyclée a été déversée dans les sols autour du Rio Hondo afin de réalimenter un aquifère souterrain d'eau potable du Comté central sud de Los Angeles, en Californie.

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

L'eau et les éléments nutritifs qui peuvent être récupérés à partir des eaux usées sont tout simplement trop précieux pour les gaspiller dans les régions où les ressources sont déjà limitées. Pour cette raison, il est très fréquent que les agriculteurs des pays en voie de développement supplémentent avec des eaux usées leur approvisionnement en eau d'irrigation pour les cultures. En fait, à part quelques rares cas où l'on a pratiqué la récupération de l'eau pour des systèmes de filtration naturelle,²⁵⁹ pour le recyclage des eaux usées à des fins industrielles,²⁶⁰ ou pour la réutilisation directe de l'eau à titre d'eau potable, la plupart des activités de récupération et de réutilisation de l'eau dans les pays en voie de développement sont destinées à l'irrigation agricole. Non seulement ces pratiques de récupération et de réutilisation augmentent le volume d'eau disponible pour les cultures et utilisent de façon bénéfiques les nutriments des eaux usées, mais elles contribuent aussi à augmenter la qualité de la vie humaine en augmentant la disponibilité des ressources en eau pour les ménages.

Il est important de mentionner que la plupart des eaux usées utilisées pour l'irrigation agricole dans les pays en voie de développement n'ont pas été traitées.²⁵¹ Ceci engendre souvent des soucis importants liés aux maladies entériques lorsque les récoltes de ces cultures sont consommées crues ou pas suffisamment cuites. Ces maladies diminuent la productivité économique et laissent les gens dans la pauvreté. Toutefois, lorsqu'elles sont appliquées de façon appropriée, la récupération et la réutilisation de l'eau peuvent contribuer au développement social et économique en limitant la pollution de l'environnement et le poids des maladies entériques, et en augmentant l'approvisionnement des ressources en eau des ménages ainsi que la production agricole. Le volume 2 des Directives de l'OMS intitulé *Utilisation Sans Risque des Eaux Usées, des Excrétas et des Eaux Ménagères: Utilisation des Eaux Usées dans l'Agriculture*, furent développées dans le but de fournir des conseils sur une utilisation de l'eau recyclée en toute sécurité. Selon ces directives, les options de traitement qui peuvent permettre une utilisation sûre des eaux usées dans des milieux pauvres en ressources et ne possédant pas de systèmes centralisés de traitement des eaux, incluent: Les étangs de stabilisation des déchets, les réservoirs de stockage des eaux usées et les marais artificiels. L'OMS fournit des conseils de base sur les facteurs de conception, le temps de rétention et les conditions climatiques, dans le but d'obtenir une réduction satisfaisante des pathogènes.²⁵²

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

Le PNUE a identifié un certain nombre d'éléments²⁶¹ de renforcement des capacités clés, nécessaires pour assurer la qualité de la prise de décision et une bonne gestion lors de la planification et la mise en œuvre des programmes de récupération et de réutilisation de l'eau. Ces besoins, ainsi que des exemples, sont brièvement mentionnés ci-dessous mais sont décrits plus en détail dans le rapport du PNUE sur l'Eau et la Réutilisation des Eaux Usées.²⁵⁰

- Les ressources humaines: La mise en œuvre des méthodes de récupération et de réutilisation de l'eau nécessite le renforcement des capacités techniques du personnel local chargé de l'eau et de l'assainissement, mais aussi de ses capacités en matière de gestion afin que celui-ci puisse évaluer les limites des pratiques actuelles, les avantages potentiels et les exigences qu'implique la réutilisation des eaux usées. Cela lui permettra également de renforcer ses compétences pour pouvoir mettre en place de nouveaux programmes.
- Le cadre politique et réglementaire: Il faudra soit élaborer de nouvelles politiques et de nouveaux cadres juridiques, soit s'assurer qu'ils sont alignés afin de faciliter des programmes de récupération et de réutilisation de l'eau sûrs et appropriés aux utilisations qui en sont faites. De cette façon, la protection de la santé humaine et de l'environnement pourra être assurée.
- Les institutions: les institutions nationales, régionales et locales auront probablement besoin d'être soutenues dans leurs efforts pour identifier les moyens d'améliorer leur efficacité pour réguler et gérer les programmes de récupération et réutilisation de l'eau.
- Le financement: Les opportunités de financement et de services pour les initiatives de récupération et de réutilisation de l'eau doivent être développées afin de faciliter de telles initiatives. Il est également probable que la capacité des services publics et des utilisateurs potentiels à comprendre et à accéder à ces services, a besoin d'être améliorée.
- La participation: Etant donné que la perception du public détermine souvent le succès ou l'échec des initiatives de récupération et de réutilisation de l'eau,²⁶² la société civile devra être formée sur les avantages de la récupération et de la réutilisation. Il faudra également l'encourager à participer au processus de prise de décision et à la mise en œuvre de tels programmes.

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

Les institutions qui ont le plus de chance d'être impliquées dans des projets de récupération et de réutilisation de l'eau sont celles qui sont responsables de l'approvisionnement en eau, de la gestion des eaux usées, de la gestion des ressources en eau, de la protection de l'environnement, de la santé publique, et de l'agriculture.²⁵²

En raison de la complexité inhérente à l'initiative qui tente de coordonner beaucoup d'institutions aux niveaux local, régional et national, il peut être nécessaire de réorganiser les tâches administratives qui visent à coordonner les projets de récupération et de réutilisation de l'eau dans un groupe plus global. De plus, il y aurait un conflit d'intérêts évident, aussi bien pour la société qui distribue l'eau que pour le gestionnaire des eaux usées, si ceux-ci agissaient en tant qu'organisme de réglementation ayant la responsabilité générale de l'exécution et de la supervision de tous les partenaires impliqués dans le processus de réutilisation de l'eau.

Par conséquent, il peut également être nécessaire d'attribuer ce rôle à un organisme indépendant, comme une entité chargée de la protection de la santé publique ou de l'environnement par exemple. Un certain

nombre de pays en voie de développement tels que la Tunisie, le Maroc et l'Égypte ont effectué des restructurations organisationnelles afin de faciliter les programmes de récupération et réutilisation de l'eau. Ces restructurations ont été une réussite.²⁵²

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

En général, les utilisations faites de l'eau récupérée qui sont les plus viables économiquement parlant sont celles qui remplacent l'eau potable avec de l'eau recyclée pour l'irrigation, la restauration environnementale, le nettoyage, les chasses d'eau, et des besoins industriels.²⁵² Ces utilisations de l'eau recyclée contribuent directement à la conservation des ressources en eau et à la réduction de la pollution. Les besoins financiers pour la mise en œuvre des programmes de récupération et de réutilisation de l'eau varient considérablement en fonction du type d'utilisation faite avec l'eau récupérée. Par conséquent, les gestionnaires des ressources en eau doivent bien comprendre les coûts associés au développement et à la gestion de l'approvisionnement en eau, aux systèmes de gestion des eaux usées et aux systèmes proposés de réutilisation de l'eau. De cette façon, ils pourront comparer les coûts et les avantages et ainsi choisir entre l'option de mettre en œuvre des programmes de récupération et de réutilisation de l'eau ou celle de garder des méthodes conventionnelles de gestion de l'eau et des eaux usées. Une analyse économique doit être menée afin de peser le coût du maintien des méthodes conventionnelles, qui implique l'éventuel besoin de développer des approvisionnements supplémentaires en eau, par rapport au coût d'aménager les infrastructures existantes ou d'en construire de nouvelles afin de pouvoir mettre en place des systèmes de récupération et de réutilisation d'eau. Ces analyses devraient également tenir compte du nombre d'avantages financiers associés aux méthodes de récupération et de réutilisation de l'eau tels que la diminution des coûts de traitement et la récupération des nutriments précieux à partir des eaux usées.^{iv}

Un type particulier d'analyse économique connue sous le nom de l'analyse du coût du cycle de vie (CCV) a été utilisé pour évaluer les conditions dans lesquelles les programmes de récupération et de réutilisation de l'eau peuvent être rentables.²⁵⁰ Cette méthode, qui a été décrite en détail dans un rapport de la Division de la technologie, de l'industrie et de l'économie du PNUE, prend en considération le coût du programme de récupération et de réutilisation de l'eau sur toute sa durée de vie, y compris sa production, sa conception, son installation, son exécution, les réparations et sa destruction.²⁶³ Comme exemple, on peut prendre le cas de bureaux à Tokyo, au Japon, pour lesquels la méthode du CCV a été utilisée pour comparer l'option de réutilisation des eaux usées avec celle d'un traitement conventionnel de l'eau douce et des eaux usées.²⁶⁴ L'analyse a révélé que si le volume d'eau récupérée était de plus de 100 m³ par jour, l'option de réutilisation des eaux usées était plus rentable que l'option conventionnelle du traitement de l'eau douce et des eaux usées. Ces analyses peuvent être très utiles pour déterminer la faisabilité économique des programmes de récupération et de réutilisation de l'eau.

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

Il existe un certain nombre d'obstacles socio-politiques qui limitent souvent une mise en œuvre réussie des programmes de récupération et de réutilisation de l'eau. Dans de nombreux cas, l'opposition du public à l'utilisation d'eau recyclée pour toute application qui implique l'exposition des êtres humains (en particulier pour la réutilisation d'eau sous forme d'eau potable) peut entraver le développement. L'initiative NWater à Singapour est un très bon exemple qui montre comment de vastes campagnes d'éducation du public et une stratégie marketing appropriée peuvent être utilisées pour influencer positivement l'opinion publique à l'égard de la récupération et de la réutilisation de l'eau.²⁶⁵ Un manque de communication et de collaboration entre les parties prenantes représente également un frein socio-politique important pour la mise en place

de programmes de récupération et de réutilisation de l'eau. La première étape de la conception et de l'exécution de programmes de récupération et de réutilisation de l'eau devrait être d'identifier les lacunes institutionnelles et de forger les liens nécessaires entre les différentes entités.²⁵²

Des obstacles techniques peuvent également empêcher la mise en œuvre réussie des programmes de récupération et de réutilisation de l'eau. Des problèmes techniques liés au transport de l'eau récupérée dans les systèmes d'approvisionnement d'eau tels que la corrosion des tuyaux, le bouchage des tuyaux et des filtres, et la formation de biofilm dans les réservoirs due à une baisse du taux de chlore résiduel dans les eaux récupérées, sont souvent cités comme étant des préoccupations majeures. De plus, la mise en œuvre des programmes de récupération et de réutilisation de l'eau nécessite souvent la modernisation et la construction de nouveaux systèmes doubles de distribution, ainsi que le développement de nouvelles technologies pour un traitement des eaux usées décentralisé et satellite. Cela peut conduire à des coûts prohibitifs qui limitent considérablement la mise en œuvre de ces programmes. Consulter les références (à la fin du document) pour des données plus approfondies sur les systèmes de double distribution et sur le traitement décentralisé des eaux usées.^{251, 252, 255} Le problème de contaminants inconnus continue d'être un obstacle à la mise en œuvre de la réutilisation de l'eau à titre potable. Une série de publications publiées par le Comité des Sciences et de la Technologie de l'Eau (*Water Science and Technology Board*) du Conseil National de Recherches américain (National Research Council)^{266, 267, 268} prouve qu'il y a un consensus général sur le fait que nous disposons de la technologie nécessaire pour rendre presque n'importe quelles eaux usées potables en respectant les normes actuelles, mais que ce sont les incertitudes concernant des traces organiques et des contaminants émergents qui présentent des risques. Ceci implique que la réutilisation de l'eau sous forme d'eau potable devrait être une option de dernier recours.²⁵²

Les méthodes de planification et de gestion de 65 projets de réutilisation d'eau à titre d'eau non potable furent documentées dans une étude réalisée en 2001 par la Fondation Américaine de Recherche pour l'Environnement de l'Eau (*Water Environment Research Foundation, WERF*).²⁶⁹ Cette étude, qui couvre des projets agricoles, urbains et industriels de réutilisation de l'eau dans des régions arides et semi-arides de pays industrialisés et de pays en voie de développement du monde entier, a démontré que la performance opérationnelle, de bons accords institutionnels, des estimations prudentes quant aux coûts et aux ventes, et une bonne communication parmi les acteurs du projet, constituent les bases du succès des projets de récupération et de réutilisation de l'eau. De la même façon, cette étude a également montré que les barrières institutionnelles, une mauvaise évaluation des avantages économiques et le manque d'information publique, peuvent retarder ou même faire échouer l'exécution des projets de récupération et de réutilisation de l'eau.²⁵²

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

Les pratiques de récupération et réutilisation de l'eau ne cessent de croître dans les zones arides, déficitaires en eau, ainsi que dans les pays très peuplés des régions tempérées du monde entier.²⁵² Un grand nombre de projets qui ont été mis en œuvre, avec ou sans succès, ont été documentés dans des études de cas.

Le tableau E-2 issu du manuel *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications* (La Réutilisation de l'Eau: Enjeux, Technologies et Applications),²⁵¹ comprend de brèves descriptions d'études de cas dans les pays développés suivants: L'Australie, le Canada, Israël, le Japon, le Koweït, Singapour et l'Espagne. On peut également trouver dans ce guide des études approfondies de cas aux Etats-Unis. Des études de cas

en Namibie, en Afrique du Sud et en Tunisie, sont brièvement décrites, accompagnées de références pour de plus amples informations. Elles traitent des sujets suivants:

- Namibie: L'usine Goreangab à Windhoek, usine de récupération d'eau pour une réutilisation directe de l'eau sous forme d'eau potable.
- Afrique du Sud: (1) La réalimentation des nappes phréatiques grâce aux eaux usées municipales ayant été traitées afin de pouvoir prélever et réutiliser l'eau ; (2) l'utilisation des eaux industrielles traitées pour la réalimentation des nappes phréatiques dans les zones côtières afin de constituer une barrière contre l'intrusion du sel ; et (3) la réutilisation de l'eau dans l'industrie du papier.
- Tunisie: (1) La récupération des eaux usées municipales pour l'irrigation agricole ; et (2) l'irrigation de nuit de cours de golf grâce aux eaux récupérées.

Le chapitre huit du guide sur la réutilisation de l'eau (*Water Reuse Guidelines*²⁵²) publié par l'USEPA est intitulé « *Water Reuse outside the US* » (La réutilisation de l'eau en dehors des Etats-Unis) et la section cinq de ce chapitre inclut 30 pages d'exemples. Ci-dessous, vous pouvez trouver quelques-uns des pays émergents ou en développement mentionnés dans la section 8.5 du guide de l'USEPA. Cette section comprend une description des activités de réutilisation de l'eau, ainsi que des références à des comptes rendus plus détaillés.

- Argentine: La récupération de l'eau grâce à l'utilisation d'étangs de stabilisation afin de fournir de l'eau pour l'irrigation des cultures, ainsi que pour une « oasis ».
- Brésil: (1) La récupération des eaux usées et des eaux provenant des réservoirs municipaux servant à contrôler les impacts des inondations, afin de les utiliser pour des besoins industriels ou pour des utilisations urbaines bien spécifiques telles que les chasses d'eau, le lavage des rues, l'irrigation des espaces verts, etc., et (2) la récupération de ces eaux usées dans le but de réalimenter les aquifères mais aussi pour d'autres utilisations dans l'enceinte d'un aéroport internationale et de ses environs.
- Chili: L'installation de stations de traitement des eaux usées dans une grande ville afin d'améliorer la qualité des eaux usées depuis longtemps utilisées pour l'irrigation.
- Chine: (1) Le traitement et la réutilisation des eaux usées produites au sein de sites industriels et de centrales électriques; et (2) La réalimentation des aquifères avec les eaux usées municipales après qu'elles aient reçu un traitement secondaire.
- Iran: Des contraventions données aux municipalités qui ne traitent pas leurs eaux usées pour assurer une réutilisation sûre de l'eau dans l'agriculture.
- Jordanie: (1) L'irrigation agricole à l'aide d'eaux usées; et (2) la planification du développement de la pratique de la réutilisation dans le cadre d'une gestion intégrée de l'eau, afin de limiter le stress exercé sur les ressources en eau douce.
- Mexique: (1) Des pratiques de réutilisation de l'eau dans l'agriculture, les plans d'eau récréatifs, l'irrigation urbaine, le lavage de voiture, etc.; et (2) la réutilisation des eaux usées municipales dans l'industrie.
- Maroc: (1) La réutilisation de l'eau pour l'irrigation agricole ainsi que pour l'irrigation des terrains de golf; (2) la mise en place de programmes impliquant le public ainsi que des partenariats institutionnels et (3) la production de marchandises commerciales afin d'obtenir un recouvrement partiel des coûts, grâce à l'eau récupérée et vendue aux agriculteurs, à la récolte et à la vente des roseaux des marais, à l'incorporation des boues séchées dans le compost, et à la combustion de gaz méthane pour alimenter les pompes électriques.

- Oman: (1) La réalimentation des nappes phréatiques afin d'empêcher l'intrusion de l'eau salée ; et (2) des objectifs visant à développer la réutilisation de l'eau jusqu'à atteindre 100% de réutilisation des eaux usées traitées.
- Yémen: (1) L'approvisionnement aux agriculteurs en eau réutilisée afin de réduire l'épuisement des eaux souterraines causé par des prélèvements d'eau trop importants pour l'agriculture; et (2) l'utilisation de certaines eaux usées traitées pour le refroidissement industriel.
- Zimbabwe: La réutilisation indirecte de l'eau potable qui consiste à décharger les eaux usées traitées dans les rivières et les lacs dont l'eau sera ensuite utilisée en aval pour l'approvisionnement en eau potable.

Le livre *Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs* (Réutilisation de l'Eau: Une Etude Internationale sur les Pratiques, les Défis et les Besoins Actuels)²⁵⁴ est un manuel comprenant une vaste collection d'expériences et d'études de cas internationaux. Les pays dont les programmes de récupération et de réutilisation sont décrits en détail dans la Section 4 intitulée *Etudes de cas*, sont les suivants: Le Pakistan, le Mexique, la Namibie, le Cameroun, le Népal, le Vietnam, et de nombreux pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient.

Ces ressources devraient être consultées dans le but de développer ses connaissances générales mais aussi afin de connaître les projets de récupération et de réutilisation de l'eau qui ont été mis en place dans le monde entier.

Les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP)

Domaines: Préparation pour affronter des phénomènes météorologiques extrêmes;
Résistance à la dégradation de la qualité de l'eau

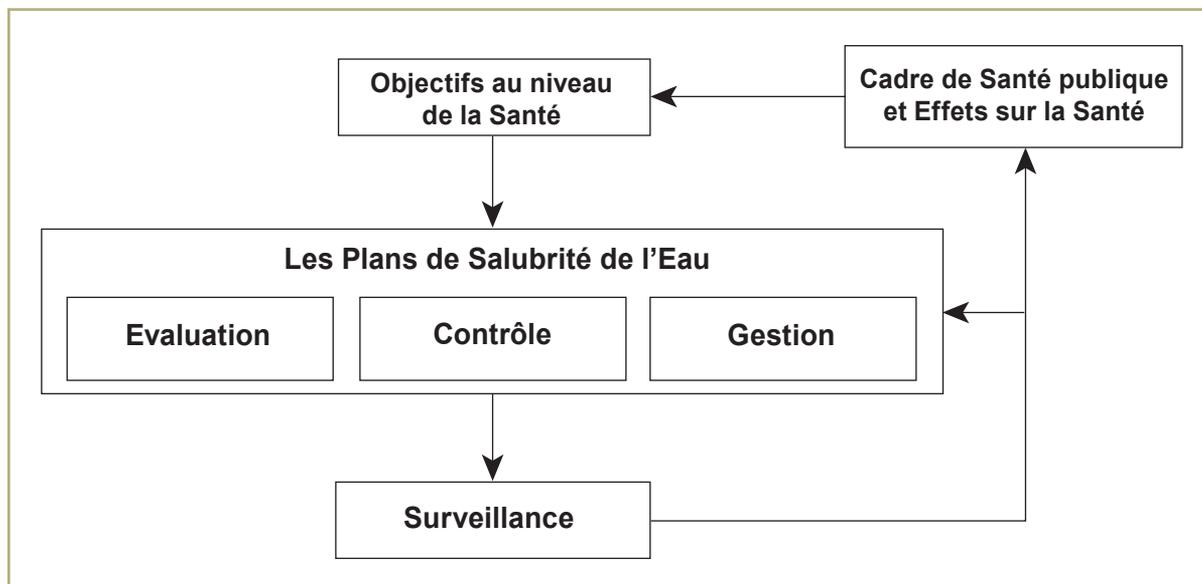
Terminologie du Glossaire: Analyse du produit fini; La chaîne d'approvisionnement en eau;
Les parties prenantes; Les objectifs sanitaires

A. En quoi consiste cette technologie/pratique?

La 3ème Edition des Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson (DQEB)²⁷⁰ rédigée par l'Organisation Mondiale de la Santé constitue le fondement des normes de qualité de l'eau dans de nombreux pays à travers le monde. Dans les DQEB, les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP) sont décrits collectivement comme une approche systématique et intégrée de la gestion de l'approvisionnement en eau, basée sur l'évaluation et le contrôle de divers facteurs qui constituent une menace pour la salubrité de l'eau potable. Les WSP permettent d'identifier les menaces pesant sur la salubrité de l'eau pour et pendant toutes les étapes de captage, de transport, de traitement et de distribution de l'eau qui sera consommée à titre d'eau potable. Cette approche est fondamentalement différente de celles traditionnellement adoptées par les fournisseurs d'eau, qui s'appuient sur le traitement et les tests sur le produit final pour assurer la salubrité de l'eau. Lorsque la mise en œuvre des WSP se déroule avec succès, cette méthode peut assurer le maintien de la qualité de l'eau dans presque n'importe quelle situation. La section de ce livret présentera les éléments clés qui constituent un WSP. Puis, elle examinera les étapes générales que les parties prenantes doivent suivre afin d'élaborer et de mettre en œuvre un WSP.

Le chapitre 4 de la DQEB décrit un cadre pour une gestion préventive et un approvisionnement salubre de l'eau potable. Ce cadre est illustré dans la Figure 12. Bien que les moyens et les résultats spécifiques des WSP peuvent varier d'un cas à l'autre, les éléments de base restent les mêmes quel que soit le contexte. Comme le montre la Figure 12, un WSP se compose de trois activités distinctes: l'évaluation du système, le contrôle et la gestion.

Figure 12: Cadre pour un approvisionnement salubre en eau potable



Source: OMS (2008).ⁱ

L'évaluation du système: Au cours de cette phase du WSP, les risques potentiels sur la qualité de l'eau et sur la santé sont identifiés à des étapes, ou endroits, clés d'une partie bien délimitée de la chaîne d'approvisionnement en eau ; ces étapes/endroits sont souvent qualifiés de Points de Contrôle Critiques (CCP, acronyme anglais). Les risques typiques pour la santé sont souvent liés à la contamination à la source du captage, aux réservoirs mal entretenus, aux fuites des boîtes à clapets, ou sont des risques associés à des systèmes de collecte possédant une borne fontaine insalubre.²⁷¹

Le contrôle: Une fois que les risques liés à la santé sont définis, ceux-ci sont utilisés pour élaborer un plan d'actions prioritaires, spécifique à chaque système, qui vise à surveiller et contrôler les risques à chaque CPP pendant la phase de surveillance du WSP. Ce plan définira les paramètres opérationnels et les échantillonnages qui s'y rapportent ainsi que les méthodes de présentation des résultats. C'est à ce moment là que les limites critiques ou les objectifs doivent être définis pour chacun des paramètres. Il est probable que la combinaison d'observations et de méthodes traditionnelles de suivi de la qualité de l'eau soient mises en œuvre par les membres de la communauté et du personnel qualifié.

La gestion: Les mesures nécessaires pour corriger tout problème observé pendant la phase de surveillance, sont définies à la phase de gestion du WSP. Ces mesures peuvent inclure la réduction de la contamination des sources d'eau grâce à des opérations de contrôle dans le bassin versant, l'optimisation des processus de traitement physique ou chimique, et la prévention de la re-contamination au cours de la distribution, du stockage et de la manutention.²⁷² En contrôlant les risques au niveau des CCP des systèmes d'approvisionnement en eau, n'importe quel problème qui se produit au niveau du captage ou de la distribution peut être détecté et corrigé avant que le consommateur puisse être approvisionné en eau de mauvaise qualité. Cette méthode de surveillance proactive réduit le nombre d'échantillons d'eau qui doivent être réalisés dans le système de distribution. De plus, les processus sont établis pour pouvoir être documentés, enregistrés ainsi que pour permettre la validation et la vérification lors de la phase de gestion.

L'OMS a publié un document de base qui décrit le processus que les fournisseurs d'eau doivent suivre afin de s'assurer qu'un WSP soit planifié et mis en œuvre correctement.²⁷³ Ces étapes sont illustrées dans la figure 13 et ont été résumées ci-dessous.²⁷¹ Afin de développer un WSP, un fournisseur d'eau doit:

- Monter une équipe qui connaît le système d'approvisionnement en eau et sa capacité à atteindre les objectifs de qualité de l'eau
- Identifier où la contamination pourrait se produire dans le système d'approvisionnement en eau et comment elle pourrait être contrôlée
- Valider les méthodes employées pour contrôler les dangers
- Mettre en place un système de surveillance pour vérifier que l'approvisionnement en eau potable soit constant mais aussi pour s'assurer qu'il y ait un accord sur les actions à prendre dans le cas où les limites acceptables définies sont dépassées
- Régulièrement vérifier que le WSP soit mis en œuvre correctement et qu'il soit assez performant pour pouvoir atteindre les objectifs quant à la qualité salubre de l'eau

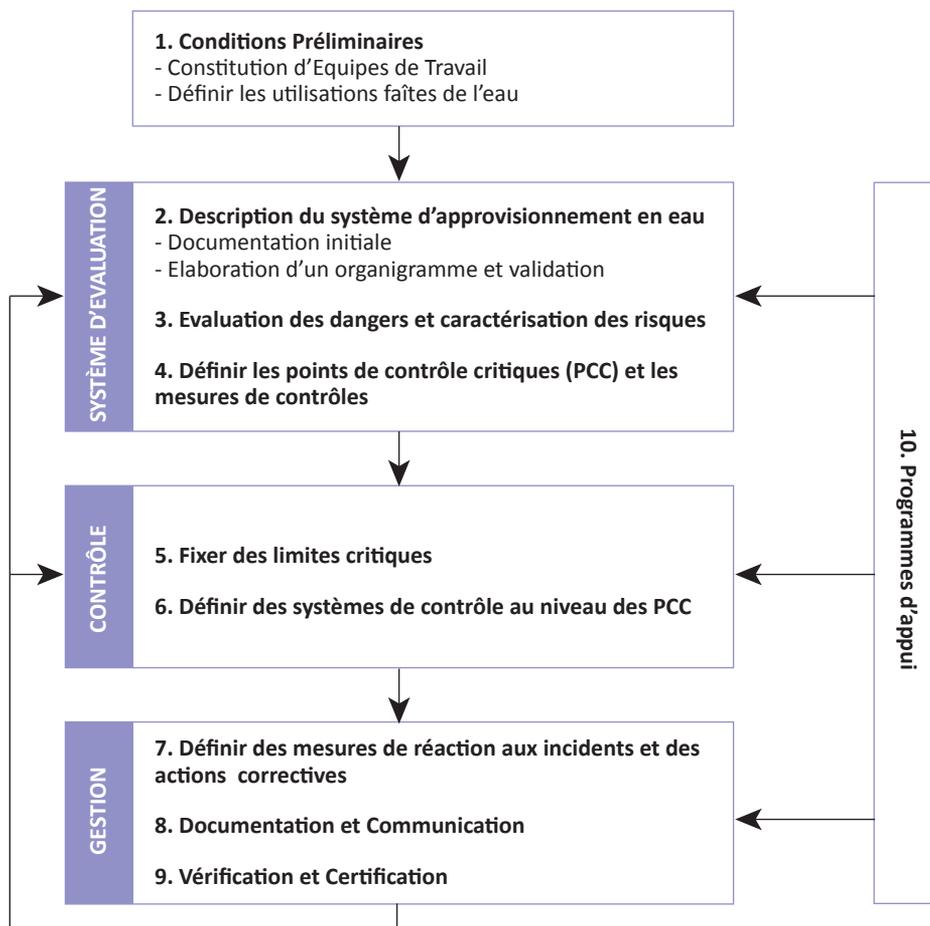
Le contenu de cette publication de l'OMS sur les WSP²⁷³ reçoit l'approbation de plusieurs articles qui traitent de la protection de l'eau à sa source, des procédés de traitement (au niveau des fournisseurs et des ménages), de la distribution de l'eau potable et de la sélection des paramètres et des méthodes analytiques.^{274,275,276,277,278,279,280} De plus amples informations sur l'analyse des risques aux CPP sont disponibles dans les références.^{281, 282} De plus, un manuel qui donne des conseils détaillés pour la mise en œuvre des WSP est disponible gratuitement en ligne.²⁸³ Ces publications devraient être consultées afin d'obtenir plus d'informations lors de la planification et de l'élaboration d'un WSP.

Bien que l'approche WSP puisse être largement généralisée, il y a un certain nombre de facteurs qui rendent la conception et la mise en œuvre des WSP dans les pays en voie de développement différente de celles des pays développés. Un rapport du WEDC sur l'approche WSP concernant l'approvisionnement en eau courante dans les villes des pays en développement constitue un document précieux qui est, de surcroît, gratuitement disponible sur Internet.²⁷¹

B. Comment la technologie/la pratique contribue à l'adaptation au changement climatique?

Le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat prédit que le changement climatique entraînera, entre autres, l'augmentation des températures mondiales, des inondations et des périodes de sécheresse, ainsi que la réduction des ressources d'eau douce et la hausse du niveau de la mer.²⁸⁴ Ces changements devraient avoir de nombreux impacts négatifs sur les ressources d'eau potable du monde entier: Les cyanobactéries vont proliférer dans les masses d'eau; la fréquence de contamination physique et chimique des masses d'eau va augmenter; les nutriments et autres polluants nocifs vont se trouver dans les sources d'eau de façon plus concentrée; les sources non protégées vont être de plus en plus utilisées; et l'intrusion saline se produira dans les rivières côtières et les sources d'eau souterraine. Tout risque lié au changement climatique entrainera des risques accrus pour la santé dans la chaîne d'approvisionnement en eau et aura des répercussions sur la salubrité de l'eau.

Figure 13: Les Etapes de développement d'un WSP



Source: Modifiée par Davison, et al. (2005).²⁷³

Les WSP contribuent à l'adaptation au changement climatique au niveau de la zone de captage, en améliorant la résistance à la dégradation de la qualité de l'eau. L'approche WSP permet aux fournisseurs d'eau d'être souples et réactifs à l'évolution des paramètres d'entrée. Cela signifie que pour qu'un WSP fonctionne bien, il faut que les éléments de surveillance, de gestion et les mesures réactives qui le constituent, absorbent naturellement les effets négatifs sévères du changement climatique. Puisque

l'approche WSP permet de comprendre comment le système d'approvisionnement en eau est affecté par des effets particuliers du changement climatique, qu'elle peut intégrer ces effets dans l'évaluation des risques, puis identifier des mesures de contrôle adaptées, il est alors possible de la modifier pour l'adapter ainsi aux changements climatiques à long terme et aux risques à évolutions lentes.

C. Quelles sont les contributions apportées au développement par la pratique/la technologie?

Le poids des maladies imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à l'assainissement, et à l'hygiène, a été estimé 200 fois plus élevé dans les pays en voie de développement que dans les pays développés.²⁸⁵ Les maladies véhiculées par l'eau diminuent la productivité économique et laissent les gens dans la pauvreté. Etant donné que les WSP ont été développés dans le but d'atteindre des objectifs sanitaires qui sont spécifiques à la charge de morbidité d'une région donnée, l'approche WSP peut réduire de façon considérable le risque d'exposition aux problèmes de santé qui représentent la majorité des maladies des pays en voie de développement.²⁷³ Par conséquent, les WSP, en réduisant le poids des maladies d'origine hydrique dans des contextes où les ressources sont limitées, peuvent contribuer de façon significative au développement économique.

D. Quels sont les besoins en connaissances/renforcement des capacités?

L'équipe de conception du WSP doit avoir une bonne compréhension du bassin hydrologique, des installations de traitement, et des réseaux de distribution qui constituent un système d'approvisionnement en eau. Ces éléments doivent être cartographiés et caractérisés pour que la capacité du système à atteindre les objectifs de qualité de l'eau soit clairement définie, et pour que des mesures de contrôle puissent être développées. Cela peut nécessiter une évaluation détaillée de la chaîne d'approvisionnement en eau car certaines informations peuvent manquer avant le développement du WSP.

Il est également important que les concepteurs et les intervenants du WSP comprennent combien la qualité de l'eau affecte la santé, s'ils veulent pouvoir définir des limites cohérentes pour tous les paramètres spécifiques concernant la qualité de l'eau. Cela nécessite des connaissances de base sur les techniques d'échantillonnage et de surveillance, tel qu'expliqué dans les DQEB. De plus, les membres de l'équipe de conception doivent avoir une connaissance pratique des mesures correctives qui devront être prises si la qualité de l'eau dépasse les limites acceptables définies.

Un certain nombre de parties prenantes sont généralement impliquées dans divers aspects de la chaîne d'approvisionnement en eau. Par conséquent, l'équipe de conception du WSP doit bien comprendre comment la mise en œuvre d'un WSP peut avoir des incidences sur les ententes préexistantes dans le secteur de l'eau. Comprendre ces arrangements permettra aux concepteurs de WSP de faciliter la coopération entre toutes les parties prenantes. Cela peut nécessiter une étude de la structure organisationnelle et institutionnelle actuelle afin de définir quelles entités ont un intérêt ou une responsabilité directe vis-à-vis de la qualité de l'eau. Le processus pour réaliser une étude détaillée de ces ententes au sein du secteur de l'eau est disponible dans les références.²⁷¹

E. Quels sont les besoins institutionnels/organisationnels?

Les besoins d'un WSP au niveau institutionnel et organisationnel sont principalement liés aux besoins en ressources humaines. La première étape dans la planification d'un WSP est de mettre en place un groupe de pilotage qui est composé de membres issus de milieux professionnels variés. Cette équipe interdisciplinaire sera responsable de la collecte des informations de fond, nécessaires pour planifier le WSP et développer tous ses éléments. Le groupe de pilotage devrait inclure des ingénieurs, des

gestionnaires de la qualité de l'eau, des universitaires, des urbanistes, des géomètres, des sociologues et des scientifiques du secteur de la santé.²⁷¹ En plus du groupe de pilotage, il convient de préciser quelles entités ou personnes sont chargées de mener à bien le suivi opérationnel, la documentation et la rédaction des rapports des résultats de contrôle, la prise de mesures correctives lorsque cela est nécessaire, le suivi des audits opérationnels, ainsi que de certifier et valider le plan d'évaluation des risques.

Pour que la mise en œuvre d'un WSP soit réussie, il est également important que tous les intervenants adhèrent au processus. La représentation de toutes les entités des parties prenantes dans le groupe de pilotage permettra d'encourager la coopération mais certaines situations pourraient nécessiter un effort supplémentaire de la part des personnes chargées de la conception du WSP pour développer un environnement d'acceptation et de confiance. Des stratégies pour s'assurer de l'engagement de toutes les parties à tous les niveaux du secteur de l'eau ont été publiées dans la littérature, veuillez vous référer à la page des Références.^{271, 273}

F. Quels sont les coûts et les besoins financiers?

La mise en œuvre d'un WSP risque d'obliger les fournisseurs d'eau à augmenter la fréquence d'échantillonnage ainsi que les points où les indicateurs de processus sont contrôlés (tels que la turbidité, le chlore, les résidus, pH, etc.). Cependant, la quantité de tests microbiologiques requis diminuera également de manière significative. En fait, il est probable que le coût de l'approvisionnement et de la distribution de l'eau potable réalisés à partir d'une approche fondée sur le risque, soit moins élevé qu'une approche traditionnelle de contrôle du produit fini.²⁷³ Ceci est particulièrement vrai dans les pays en développement où les consommables nécessaires pour les coliformes et autres tests microbiologiques sont coûteux, et où un pourcentage élevé du budget consacré au contrôle est dépensé dans des kits de test réalisés sur le terrain, ou dans le maintien de tests coûteux réalisés dans des laboratoires agréés. Même dans les cas où l'équipement nécessite l'achat d'un système de surveillance en ligne, les économies de coûts liées au remplacement d'indicateurs microbiologiques par des indicateurs de processus pour surveiller l'eau, compenseront très probablement le coût de l'investissement initial en capital.

L'approche WSP peut également entraîner à long terme une diminution des coûts institutionnels. En général, le processus de planification identifie les possibilités d'améliorations peu coûteuses relatives aux opérations et aux pratiques de gestion. Mais les WSP améliorent également l'efficacité de la communication et de la collaboration entre les fournisseurs d'eau, les consommateurs, les autorités réglementaires, les secteurs commerciaux, les secteurs environnementaux et les secteurs de la santé. Cela crée un environnement favorable où un soutien financier peut être mis à profit et où les besoins en immobilisations peuvent être mis en avant et soutenus.²⁸⁶

G. Quels sont les facteurs entravant ou favorisant la mise en œuvre?

Les facteurs favorisant la mise en œuvre d'un WSP sont présents chaque fois que le fournisseur est motivé pour poursuivre une approche fondée sur les risques, et quand la capacité du personnel existe pour faire les changements nécessaires. Le principal obstacle à la mise en œuvre des WSP est le fait que certaines parties prenantes peuvent hésiter à adopter un tel paradigme de gestion de l'approvisionnement en eau fondamentalement différent. De plus, on a remarqué qu'un certain nombre d'obstacles à la mise en œuvre des WSP sont spécifiques aux pays en voie de développement.²⁷¹ Ceux-ci comprennent entre autres:

- Le manque de données
- Un développement non planifié
- Le manque d'infrastructures d'assainissement

- Une connaissance limitée du système
- Un équipement limité/peu de ressources humaines disponibles

Théoriquement, un WSP peut être mis en pratique à tout moment, quelque soit la taille de l'approvisionnement en eau. En réalité, les petits systèmes d'approvisionnement en eau gérés par les communautés font face à un certain nombre d'obstacles particuliers relatifs à la planification et la mise en œuvre des WSP. Dans de tels systèmes, les technologies peuvent aller d'un simple forage ou d'un puits tubulaire équipé d'une pompe à main, à des dispositifs de traitement très complexes. Dans les deux cas, le fonctionnement et la maintenance sont effectués par les membres de la communauté aux compétences spécialisées très limitées. La plupart du temps, le personnel de gestion n'a que très peu de temps pour faire fonctionner et superviser le système, et il ne reçoit pas ou très peu de formation officielle, ni même de compensation financière. Il est souvent obligé de compter sur le gouvernement local ou national pour recevoir un soutien général et des conseils. De plus, il est probable que les gestionnaires de ces systèmes d'approvisionnement en eau aient un accès limité aux tests de qualité de l'eau et au matériel de construction. Les moyens par lesquels les gestionnaires de petits systèmes d'approvisionnement d'eau gérés par les communautés peuvent surmonter ces limitations en matière de planification et de mise en œuvre de WSP sont abordés au chapitre 13 intitulé « Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau: Gestion de la qualité de l'eau potable du captage au consommateur ». ²⁷³

Il est souvent très difficile de caractériser les systèmes d'approvisionnement en eau dans les pays en développement. Un nombre limité de réglementation en la matière a entraîné un développement anarchique des réseaux d'aqueducs et d'égouts. Il est rare de trouver des plans de réseaux récents et exacts, ce qui rend la localisation du réseau d'alimentation très difficile ; l'analyse du système doit alors être principalement basée sur les connaissances locales. Ce problème est exacerbé par le fait que la contamination croisée des conduites d'eau est un phénomène très courant. Les raisons de cette contamination sont un assainissement urbain de mauvaise qualité, ainsi que le manque de ressources disponibles qui empêchent les fournisseurs d'eau d'assurer un fonctionnement et un entretien continu et adéquats. Bien qu'il existe de nombreux défis pour la mise en œuvre des WSP dans les pays en voie de développement, cette approche permet une évaluation beaucoup plus globale et plus robuste pour faire face aux menaces qui pèsent sur la salubrité de l'eau potable, que les approches conventionnelles portant sur l'analyse du produit final.

H. Exemples et études de cas de différentes régions du monde

Il y a eu un certain nombre d'applications intéressantes des WSP dans les communautés de presque toutes les régions du monde, y compris l'Afrique, les Amériques, les Caraïbes, l'Asie du Sud, l'Europe et dans le Pacifique occidental. ²⁷² Les deux cas les plus probants d'une mise en œuvre réussie de WSP, souvent cités comme étant des exemples à suivre, sont celui d'un système d'approvisionnement d'une grande usine située à Melbourne en Australie ²⁸⁷ et celui d'un approvisionnement en eau géré par une petite communauté à Kampala, en Ouganda. ²⁸⁸

L'OMS et l'Association Internationale de l'Eau (IWA) ont compilé une ressource documentaire très complète et disponible en ligne, nommée WSPortal. Cette ressource présente des études de cas, des références et des outils qui peuvent apporter des conseils pratiques, ainsi que du matériel pertinent, fondé sur des faits, qui peut être utilisé de façon satisfaisante dans de très nombreux contextes. ²⁸⁹ Les Centres Américains de Contrôle et de Prévention des Maladies (The United States Center for Disease Control and Prevention ou CDC), en partenariat avec l'Organisation panaméricaine de la santé (OPS) et l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), ont développé une ressource documentaire semblable, principalement axée sur la mise en œuvre des WSP dans les pays d'Amérique latine et dans les Caraïbes. Ces deux ressources Internet sont extrêmement précieuses et fournissent des conseils pertinents pour la mise en œuvre effective des WSP.

5. La Mise en Œuvre des Technologies et Pratiques d'Adaptation au Changement Climatique

Ce chapitre apporte des conseils sur la mise en œuvre des technologies et pratiques décrites au chapitre 4. Pour chaque technologie/pratique, on répondra aux questions suivantes:

- Comment les technologies peuvent être mises en place? Par qui? Et dans quels contextes?
- Quelles sont les étapes pratiques à suivre pour mettre en œuvre la technologie?

Les technologies/pratiques et leur mise en œuvre peuvent varier considérablement. C'est pourquoi la structure des différentes sections de ce chapitre diffère. Beaucoup des technologies/pratiques nécessitent d'importants travaux préparatoires avant leur mise en œuvre et ces étapes préliminaires sont décrites dans ce chapitre. Les principales sources d'information externes qui mettent l'accent sur les aspects généraux de mise en œuvre - et qui ont été citées au chapitre 4 - sont également indiquées dans ce chapitre. Cependant, les études de cas de projets spécifiques qui comprennent des informations sur le processus de mise en œuvre ne sont généralement pas citées ici et peuvent être trouvées au chapitre 4.

Les Forages/Puits tubulaires comme Intervention pour l'Approvisionnement en Eau des Ménages en Période de Sécheresse

Les ressources en eaux souterraines, en particulier les aquifères profonds, sont généralement plus résistantes à la sécheresse que les ressources en eau de surface. Par conséquent, développer l'accès aux forages productifs est une des solutions clés de lutte contre la sécheresse. Ces initiatives jouent un rôle particulièrement important dans certains environnements, comme les zones rurales des régions arides et semi-arides qui ne sont pas desservies par un approvisionnement centralisé.

Trois grandes stratégies principales peuvent être suivies afin d'utiliser les forages comme un moyen de lutte contre la sécheresse: creuser de nouveaux forages/ré-approfondir les forages existants ; réparer les forages endommagés ; et découvrir les « puits de secours ». Le fait de découvrir les « puits de secours » reste le domaine presque exclusif des gouvernements et des entrepreneurs publics. Les deux premières stratégies, lorsqu'elles sont appliquées spécifiquement pour lutter contre la sécheresse, sont généralement mises en œuvre par des ONG, des organisations internationales, les gouvernements, ou des entreprises du secteur privé qui travaillent comme sous-traitants pour l'un d'entre eux.

La lutte contre la sécheresse peut être beaucoup plus efficace si une gestion appropriée est planifiée avant la sécheresse. Les éléments clés d'une gestion antérieure à la sécheresse comprennent: l'évaluation des ressources en eaux souterraines, l'analyse de la vulnérabilité des eaux souterraines à la sécheresse, et le renforcement de la capacité de résistance à la sécheresse dans le cadre des programmes d'approvisionnement d'eau.²⁹⁰ Pour l'approvisionnement en eau des ménages, il est également essentiel de comprendre la distribution de la population, ainsi que l'emplacement et l'état des points d'eau.²⁹¹ WaterAid a mis à disposition un rapport sur la manière dont il faut procéder pour cartographier les points d'eau et utiliser les données.²⁹² Si ces données ne sont pas disponibles avant la sécheresse, il peut être

nécessaire de procéder à une programmation d'urgence. Même un examen rapide de la distribution de la population et de l'état des points d'eau a le potentiel d'améliorer l'efficacité du programme.

Avant d'entreprendre le forage et l'approfondissement de puits pour lutter contre les effets de la sécheresse, les décideurs devraient envisager la réparation des forages. Réparer le matériel des puits endommagés (cela consiste souvent à réparer les pompes manuelles) est beaucoup plus rentable et plus rapide. Un forage qui fonctionne mal augmente la pression exercée sur les autres points d'eau, ce qui peut potentiellement conduire à l'épuisement des eaux souterraines locales et à du matériel endommagé.

La réparation des puits peut éviter un effet domino de problèmes autour des points d'eau. Les mécaniciens locaux peuvent représenter une ressource importante pour la réparation des pompes manuelles.^{66, 57}

Le Dessalement

Le dessalement est une technique le plus souvent utilisé dans les zones pauvres en eau des pays riches. Il est généralement coûteux et est soumis à d'importantes économies d'échelle.²⁹³ La vulnérabilité du secteur de l'eau peut être exacerbée par les coûts élevés du dessalement. Par conséquent, le dessalement est le plus économiquement viable lorsque l'on a affaire à des réseaux de canalisations qui fonctionnent bien et qui desservent des populations importantes dans des zones où l'on manque de ressources en eau.²⁹⁴

Les étapes suivantes devraient être suivies afin de se préparer à mettre en œuvre le dessalement:

- Développer une politique de l'eau clairement définie, en utilisant une approche de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), afin de déterminer avec précision le potentiel des ressources renouvelables d'eau douce, la demande et la consommation. C'est seulement lorsque l'on est en mesure d'évaluer les besoins en ressources en eau conventionnelles que le développement de ressources non-conventionnelles (par exemple salines) peut être mis en place.²⁹⁵ La réutilisation de l'eau est généralement moins coûteuse que le dessalement et, par conséquent, devrait être très fortement envisagée comme alternative au dessalement lors de l'analyse GIRE.
- Mettre en œuvre la gestion de la préservation et de la demande en eau dans tous les secteurs. Les principales méthodes comprennent la réduction de NRW, l'utilisation minimale et ciblée de subventions, et la prévention de la pollution des eaux souterraines.^{294, 295}
- Envisager le dessalement en combinaison avec d'autres sources d'eau non conventionnelles, telles que la réutilisation des eaux usées traitées, l'importation d'eau d'autres pays, la collecte des eaux de pluie, les petits réservoirs et les micro-bassins.²⁹⁵
- Une étude de faisabilité doit être réalisée avant la construction d'une installation de dessalement. On peut en trouver des exemples dans les références.^{296, 297} Cette étude devrait comprendre une Évaluation de l'Impact sur l'Environnement (EIE) formelle. L'EIE devrait inclure au minimum une évaluation des effets des flux concentrés de déchets sur les écosystèmes ; l'impact des prises d'eau de mer sur la vie aquatique ; la consommation d'énergie ; et les émissions de gaz à effet de serre.^{298, 299}

Suite à l'étude de faisabilité et à l'EIE, une commission gouvernementale devrait déterminer si le projet doit être poursuivi ou non. Pour l'approvisionnement municipal, le dessalement est généralement mis en œuvre par les gouvernements qui sous-traitent la conception et la construction à de grandes entreprises de conseils, experts en dessalement. Une fois qu'il est décidé que le dessalement doit être entrepris, les méthodes suivies doivent être similaires à celles employées dans de grands projets d'infrastructures.

Le Traitement et le Stockage Adéquat de l'Eau des Ménages (HWTS)

Le HWTS est une stratégie d'adaptation principalement gérée et utilisée par les ménages. Pour cette raison, divers programmes de mise en œuvre sont menés à différentes échelles, partageant néanmoins tous les mêmes objectifs de développer une utilisation correcte et pérenne des HWTS au sein des ménages. Comme exemples de stratégies de programmes HWTS, on trouve: la distribution d'appareils HWTS à des petits groupes d'individus que l'on forme ; le développement d'une industrie locale de produits HWTS ; la promotion et la sensibilisation aux appareils HWTS ; l'augmentation des taux d'utilisation d'un produit déjà disponible sur le marché local ; des interventions d'urgence ; et le déploiement national d'une ou de plusieurs technologies.

Les programmes de mise en œuvre et de formation à petite échelle sont généralement réalisés par des ONG. Ces programmes intègrent parfois la formation des entrepreneurs locaux pour qu'ils puissent créer des entreprises fondées sur la production et la distribution de HWTS. Les entreprises privées ont pris l'initiative de commercialiser et distribuer leurs propres produits HWTS sur les marchés nationaux et régionaux (par exemple, le PUR de Procter & Gamble, le Pureit de Hindustan Lever). Des partenariats entre les gouvernements et les grandes ONG ont également été formés au niveau marketing, ainsi qu'au niveau de la distribution de produits HWTS à grande échelle (par exemple, IDE au Cambodge, USAID et ISP dans de nombreux pays). Les programmes d'intervention d'urgence sont généralement facilités par les organisations internationales et les gouvernements nationaux.

Les mesures concrètes de mise en œuvre de HWTS varient considérablement en fonction de l'ampleur de l'opération et de la méthode spécifique utilisée. La mise en œuvre peut également varier en fonction de la technologie choisie, en particulier entre celles qui sont consommables (par exemple le chlore) et celles qui constituent des biens durables (par exemple les filtres). Cependant, on peut retrouver des facteurs clés communs à tous les programmes de HWTS:

- La chaîne d'approvisionnement: Il est essentiel de s'assurer qu'il existe une chaîne d'approvisionnement fiable pour les consommables ou les pièces de rechange, si l'on veut que le programme ait des effets à long terme.
- La formation: Il est souvent nécessaire de proposer des sessions d'éducation et de formation afin que les produits soient bien utilisés, nettoyés et maintenus en bon état. Les petits programmes utilisent souvent des formations en face à face. Dans certains cas, du matériel imprimé peut s'avérer être suffisant. Toutes les méthodes devraient être testées et évaluées dès le début du programme, puis plus tard pendant une phase de suivi.
- Les considérations en matière de politique publique: Les HWTS conduisent à des améliorations au niveau de la qualité de l'eau et de la santé mais ils ne doivent pas être utilisés comme excuse pour retarder l'approvisionnement en eau courante potable. Il est particulièrement important, dans le cas de larges initiatives de lancement de HWTS, que les ministères gouvernementaux concernés et les fournisseurs en eau se soient engagés à ce sujet avant la mise en place de ces programmes.

Les programmes HWTS peuvent être mis en œuvre partout où les gens n'ont pas accès à un approvisionnement d'eau potable courante 24 heures sur 24. Cependant, certains paramètres offrent de plus grandes chances de succès. Par exemple, les contextes dans lesquels les avantages des HWTS non liés à la santé sont perçus comme étant très importants: lorsque les sources d'eau sont très troubles ; lorsqu'acheter de l'eau de meilleure qualité est très cher ; lorsque les codes sociaux exigent que l'on serve de l'eau de bonne qualité à ses invités, etc. De plus, pendant les crises liées à la contamination de l'eau, y compris les catastrophes naturelles et les épidémies de maladies d'origine hydrique, la demande de HWTS généralement augmente.

Une des sources d'information clés pour étudier les options de mise en place de programmes HWTS est le rapport OMS intitulé « *Scaling-up Household Water Treatment among Low-Income Populations* » (Développer le Traitement de l'Eau des Ménages dans les Populations à Faibles Revenus »)³⁰⁰. Ce rapport comprend une section qui traite des grandes stratégies de mise en œuvre utilisées pour les technologies les plus courantes de HWTS. Cette section inclut les leçons tirées lors de la mise en œuvre de chaque technologie.

Améliorer la Résistance des Puits Protégés contre les Inondations

Dans de nombreuses régions sujettes aux inondations, un grand pourcentage de la population est dépendante des puits protégés pour pouvoir s'assurer l'accès à l'eau potable. Les puits protégés peuvent potentiellement fournir un approvisionnement en eau qui est très résistant aux inondations. Cependant, une mauvaise conception ou une mauvaise construction peuvent augmenter la vulnérabilité (voir la partie « Améliorer la Résistance des Puits Protégés contre les Inondations » du livret).³⁰¹

Deux étapes préliminaires peuvent augmenter considérablement l'efficacité et la rentabilité de la mise en œuvre. La première étape consiste à étudier la répartition de la population et l'emplacement des points d'eau par rapport aux plaines inondables locales. L'accent devrait être mis sur le maintien de l'accès des points d'eau en période de crue, sur la base des lignes directrices d'urgence de l'OMS concernant la distance à un point d'eau et le nombre de personnes par point d'eau.³⁰² La seconde étape consiste à évaluer la situation quant aux réparations et à la vulnérabilité des points d'eau existants. Pour les zones identifiées comme hautement prioritaires, une enquête sanitaire des puits protégés devrait être effectuée, suivant la description de l'annexe 2 de la 2^{ème} édition des Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson (DQEB) de l'OMS. D'autres considérations supplémentaires, particulièrement pertinentes en période d'inondations, sont décrites au chapitre six de ces mêmes directives.³⁰³ Il est également important de bien sceller les puits abandonnés dans les plaines inondables afin de diminuer le risque de contamination directe des eaux souterraines par les inondations.³⁰⁴

Ces étapes préliminaires sont généralement initiées par les gouvernements locaux ou provinciaux. Après que l'état des points d'eau et que la population et les plaines inondables aient été examinés, une stratégie de mise en œuvre appropriée peut être élaborée. Les principales stratégies possibles comprennent: réparer les puits existants ; surélever/modifier les de têtes de puits ; construire de nouveaux puits. Le pilotage et l'exécution de la mise en œuvre peuvent être sous-traités à des entreprises d'ingénierie, de mécanique et de construction.³⁰⁵

Favoriser l'Utilisation de Dispositifs de Plomberie et d'Appareils Economiseurs d'Eau

Les pays industrialisés ont connu des baisses de la consommation d'eau des ménages grâce à l'utilisation généralisée de dispositifs de plomberie et d'appareils économiseurs d'eau.³⁰⁶

Bien que l'introduction de ces produits sur le marché ne mènera pas à une utilisation massive, on peut néanmoins augmenter leur utilisation grâce à trois stratégies principales: des mandats juridiques, des incitations fiscales et l'étiquetage. De plus, dans le but de réduire la consommation d'eau des ménages, certains services publics d'approvisionnement en eau ont décidé de distribuer gratuitement des dispositifs de plomberie économiseurs d'eau peu coûteux (par exemple des pommes de douche à faible débit).³⁰⁷

Les mandats juridiques et les incitations fiscales sont des mécanismes qui doivent être mis en œuvre par les gouvernements. Toutefois, des stratégies de lobbying pour que de telles législations soient mises en place peuvent être menées par diverses organisations environnementales, professionnelles et industrielles. Les systèmes d'étiquetage et de certification pourraient hypothétiquement être le fer de lance de l'industrie ou des groupes professionnels, mais il faudra probablement que les gouvernements mettent en place un régime de sanctions et de surveillance pour s'assurer que ces systèmes soient crédibles auprès des consommateurs.

En général, ces stratégies fonctionnent le mieux lorsque:

- Les ménages possèdent des compteurs d'eau (ils paient par exemple l'eau d'après le volume consommé)
- Les factures mensuelles d'eau représentent une part non-négligeable du revenu moyen
- Les citoyens sont sensibles en matière de respect de l'environnement
- Les communautés désirent préserver leurs ressources collectives

Dans les situations où une proportion des ménages a des factures d'eau fixes (sans compteur), les mandats légaux et les incitations fiscales peuvent être utilisés pour inciter l'utilisation des appareils et des dispositifs de plomberie économiseurs d'eau. Dans de telles situations, l'étiquetage risque de ne pas être aussi efficace puisque l'eau économisée n'engendre pas d'économies d'argent.

Les recommandations concernant les étapes à suivre pour mettre en place la méthode de l'UE sont exposées au chapitre sept du rapport de la Commission Européenne datant de 2009 et intitulé « Study on Water Efficiency Standards » (Étude sur les normes d'économie d'eau).³⁰⁸ Les principales recommandations sont les suivantes:

- On devrait d'abord prévoir l'étude de ces dispositifs de plomberie et de ces appareils, puis développer une stratégie qui doit être définie avec tous les intervenants clés (par exemple les secteurs du logement et de la construction et les industries manufacturières).
- Les différentes méthodes (légiférer, l'étiquetage ou les mesures incitatives) devraient être définies pour chaque catégorie de produits (par exemple, les normes réglementaires pour les toilettes à faible volume d'eau ; l'étiquetage pour les lave-vaisselles). On doit également définir si chacun des paramètres correspond à une norme obligatoire, une directive ou à une certification facultative.
- Toute ambiguïté dans les normes, les tests, les procédures de conformité et les pénalités, doit être évitée.
- Un programme de promotion de grande envergure devrait être lancé afin de promouvoir le système de certification/d'étiquetage.
- Il faut prévoir la révision et l'actualisation des normes. Pour un exemple de ce type d'activités, vous pouvez lire les facteurs qui ont déterminé la révision des normes Américaines de l'EPA Energy Star (voir la page des Références).³⁰⁹

De nombreux pays ont obtenu une réduction significative de la consommation d'eau domestique par le biais de tels programmes. Le coût du développement d'une nouvelle méthode peut être atténué par l'adoption de normes et de directives qui ont fait leurs preuves ailleurs. L'étude la plus détaillée sur les programmes d'économie d'eau dans le monde entier peut être trouvée dans le rapport de la Commission européenne citée ci-dessus.³⁰⁸

La Gestion, la Détection et la Réparation des Fuites dans les Réseaux de Canalisations

La réduction des pertes d'eau liées aux fuites dans les réseaux de canalisations est une stratégie clé pour la préservation de l'eau, aussi bien dans les pays riches que dans les pays en voie de développement. Des taux de 10-20% de fuites sont considérés comme normaux et, dans certaines régions des Etats-Unis, les infrastructures vieillissantes perdent jusqu'à 50% de leur eau.^{310, 311} La gestion, la détection et la réparation des petits fuites souterraines sont des opérations essentielles de fonctionnement et de maintenance pour tous les services publics d'approvisionnement en eau. Ces opérations peuvent également jouer un rôle important pour les services d'eau des réseaux gérés par les communautés. Cependant, la plupart des méthodes de gestion et de détection des fuites ne sont appropriées que pour les systèmes fonctionnant à haute pression. Par conséquent, en dépit de son importance, la fuite reste très difficile à détecter et à contrôler en moins de 24 heures pour les réseaux qui ne fonctionnent pas très bien.

Un audit de l'eau est une étape préliminaire clé qui devrait être effectuée avant la mise en œuvre d'un programme de gestion, de détection et de réparation des fuites. Les audits de l'eau sont utilisés pour quantifier le volume des fuites et leur emplacement dans un système de distribution, permettant ainsi la hiérarchisation des activités du programme. Veuillez vous référer à la page Références pour trouver des informations complémentaires et du matériel de formation sur les audits de l'eau.^{310, 312}

La gestion des fuites comprend à la fois une identification précise de l'emplacement des fuites et la gestion de la pression. Une pression d'eau élevée augmente les pertes liées aux fuites et endommage le réseau. Il peut être par conséquent avantageux de diminuer la pression pendant les périodes de faible demande. Des valves spécialisées peuvent être installées pour réguler la pression (par exemple, les produits de CLA-VAL) ; des consultants devraient être recrutés pour évaluer quelles sont les meilleures solutions de gestion de pression pour un réseau donné.³¹³ Bien que la gestion de la pression peut être un outil important, maintenir la pression de l'eau 24 heures sur 24 reste la priorité numéro 1. Par conséquent, la gestion de la pression ne doit pas être utilisée dans les réseaux qui souffrent déjà d'un débit intermittent ou qui ne peuvent pas répondre à la demande 24h sur 24.³¹⁴

La détection et la réparation des fuites peuvent être mise en place dans n'importe quel système d'adduction d'eau. Les technologies utilisées, en particulier pour la détection de fuites, doivent être adaptées aux ressources du réseau. De façon générale, la plupart des services publics, en particulier les petits, devraient sous-traiter la détection des fuites à une entreprise de conseils ayant une expertise dans ce domaine.

Le Soutien Post-construction (SPC) pour les Systèmes d'Approvisionnement en Eau à Gestion Communautaire

Les observations factuelles concernant le SPC restent limitées mais elles deviennent de plus en plus nombreuses. Elles illustrent de façon flagrante combien un soutien financier, technique et managérial continu pour les systèmes d'eau gérés par les communautés, peut grandement améliorer leur fonctionnement et leur durabilité. Les étapes clés de la mise en œuvre et de planification des programmes de SPC sont abordées dans un rapport très détaillé d'excellente qualité sur le soutien institutionnel pour les systèmes gérés par les communautés en Amérique latine. Ce rapport, rédigé par l'USAID, peut être consulté sur Internet.³¹⁵

Les programmes SPC sont utilisés dans les pays en voie de développement et les pays développés du monde entier. La mise en œuvre de ces programmes est pertinente dans les situations où les populations

rurales gèrent leurs propres approvisionnements en eau potable. Certains programmes de SPC sont le résultat d'un processus formel, généralement initié par le gouvernement, pour aider les petits systèmes d'approvisionnement en eau; d'autres évoluent au fil du temps selon la demande. Dans certains contextes, les ONG peuvent être déjà fortement impliquées dans le SPC, offrant souvent leurs services gratuitement. Dans ces cas, il est important de déterminer si le fait que les communautés tiennent pour acquise le soutien des ONG, ne peut pas nuire à leur volonté d'investir dans un nouveau programme de SPC.

Les schémas illustrés au chapitre six du rapport de l'USAID fournissent des indications sur les quatre grandes phases de planification et de mise en œuvre du SPC. Les trois premières phases sont des phases préliminaires qui interviennent avant la mise en œuvre. Pour paraphraser le rapport, elles sont décrites comme telles:

- L'évaluation: L'étude et l'analyse du secteur de l'eau en milieu rural ainsi que les stratégies utilisées pour l'approvisionnement en eau dans cette région.
- La conception: La conception détaillée du modèle de SPC sur la base des résultats issus de la phase d'évaluation. Cette conception doit comprendre la définition des rôles et des responsabilités institutionnelles, l'élaboration d'un budget détaillé, et un système de surveillance.
- La préparation: l'acquisition d'équipements, la création de bureaux, le recrutement et la formation du personnel, et le développement d'un programme de commercialisation.³¹⁵

Le rapport de l'USAID comprend également des instructions détaillées sur la mise en œuvre du SPC. En voici le bref résumé: Tous les programmes de mise en œuvre devraient commencer à petite échelle, en tant que projet pilote ou projet expérimental directement sur le terrain, au cours duquel des liens doivent être établis avec les organisations et les institutions locales. Les programmes pilotes et expérimentaux sur le terrain devraient intégrer des phases d'évaluation et de suivi avec des mécanismes clairs, prévoyant la possibilité d'un retour d'informations et, si possible, des modifications. Après 18 à 36 mois, un examen de l'état d'avancement et de l'impact des programmes devrait être entrepris. Les programmes qui ont bien fonctionné doivent être évalués pour leur potentiel de reproduction et d'expansion dans d'autres zones.³¹⁵

Les programmes de SPC sont divers. Plus de détails et autres études de cas sur la mise en œuvre de programmes SPC spécifiques peuvent être trouvés au chapitre de ce manuel intitulé « Soutien Post-construction (SPC) pour les Systèmes d'Approvisionnement en Eau à Gestion Communautaire », ainsi que dans les références qui y sont citées.

La Collecte des Eaux de Pluie à Partir de Contenants sur le Sol — Petits Réservoirs et Micro-bassins

Dans les régions sèches, les infrastructures de collecte d'eau à petite échelle peuvent grandement contribuer à la quantité d'eau douce disponible pour la consommation humaine. Cela est particulièrement vrai dans les régions arides et semi-arides où le peu de précipitations qui tombent sont généralement très intenses et souvent saisonnières. Pour cette raison, les flux de ruissellement et le débit de la rivière peuvent être abondants pendant de brèves périodes et inexistant le reste de l'année.^{316, 317}

Les infrastructures de collecte et de stockage peuvent jouer un rôle très important pour les communautés agricoles, en particulier celles qui dépendent de l'agriculture pluviale ou d'eaux souterraines qui sont en voie d'épuisement. Le développement de la capacité des petits réservoirs offre généralement plus d'opportunités et d'avantages lorsque l'approvisionnement en eau est insuffisant mais que des préoccupations environnementales, sociales ou juridiques, empêchent le développement de grands réservoirs.

Avant la mise en œuvre d'un projet de petits réservoirs communaux, une étude de faisabilité doit être entreprise. Celle-ci doit inclure l'évaluation de la capacité de stockage disponible et les impacts hydrologiques éventuels sur les sites potentiels. Les études de faisabilité sont généralement initiées par les collectivités locales. Toutefois, la participation des communautés et d'autres parties prenantes est essentielle, comme il est décrit ci-dessous. Avant l'approbation, il faudrait rendre obligatoire l'existence d'une procédure d'évaluation sur les impacts environnementaux et autres impacts possibles, adaptée au contexte local et dirigée par le gouvernement.

Bien que les impacts environnementaux et hydrologiques de ce type de projets soient mineurs, ils peuvent néanmoins souvent entraîner des conflits.^{210, 318} C'est pourquoi il est important d'encourager la participation des parties prenantes pendant les phases de planification et de mise en œuvre. Vous pouvez trouver dans les références la description d'un cadre qui fut utilisé au Zimbabwe dans le but d'engager les parties prenantes dans le processus de prise de décision en matière de petits réservoirs.³¹⁹ Tout comme les systèmes d'approvisionnement en eau potable de petite taille, les projets de petits réservoirs sont plus susceptibles d'échouer lorsque le choix de la technologie et de l'emplacement n'a pas été guidé par la demande de la communauté.³²⁰

Après avoir sélectionné le site, réalisé l'étude de faisabilité et convaincu la communauté, la mise en œuvre doit être effectuée de façon similaire à un projet de construction d'infrastructures. Des arpenteurs, des ingénieurs et des entrepreneurs doivent être engagés à diverses étapes du travail. Un diagramme sur le processus de développement de petits réservoirs au Zimbabwe est listé dans les références.³¹⁹

La Collecte des Eaux (CEP) à partir des Toits

La CEP, tout comme le HWTS, est une stratégie d'adaptation qui est gérée et exploitée par les ménages. Par conséquent, les programmes de mise en œuvre de CEP sont similaires à ceux du HWTS dans le sens que ces deux programmes peuvent utiliser un large éventail de stratégies à différentes échelles, mais toutes ayant le même objectif. Pour la mise en œuvre de la CEP, l'objectif (de l'utilisateur et/ou de l'exécutant) est d'augmenter le volume d'eau (relativement) propre capturée, mis à la disposition des ménages.

Le traitement le plus vaste de mise en œuvre de CEP peut être trouvé dans la publication de l'IRC intitulée « Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners » (La Collecte des Eaux à partir des Toits: Un Manuel Pratique ». Les différents modèles possibles d'approvisionnement en systèmes CEP comprennent ceux énumérés ci-dessous. L'institution qui finance le système est indiquée entre parenthèses

- Construit de leurs propres mains (financé par les ménages)
- Fourni par le marché (financé par les ménages)
- Fourni dans le cadre d'un programme d'eau dans les milieux ruraux lancé par le gouvernement (totalement ou partiellement subventionné par le gouvernement avec une contribution de la part des ménages)
- Fourni dans le cadre d'un programme initié par une ONG (totalement ou partiellement subventionné par l'ONG avec une contribution de la part des ménages)
- Faisant partie d'une nouvelle construction (financé par le constructeur puis payé par les ménages pour certaines parties ou pour de la main d'œuvre)³²¹

Les modèles qui impliquent le financement du système CEP par les ménages ou par le constructeur sont généralement déterminés par le marché, sans subvention ou participation d'intervenants externes.

Cependant, les parties qui mettent en place ces systèmes peuvent parfois développer les marchés locaux de CEP en formant des artisans et des micro-entrepreneurs, ou en important des technologies d'autres pays. De cette manière, ils augmentent la disponibilité, la qualité et la diversité des produits CEP sur les marchés. De plus, les gouvernements et les ONG peuvent également jouer un rôle significatif pour encourager l'utilisation de la CEP et pour veiller à la qualité des produits, grâce à la mise en place de programmes d'éducation, de contrôle de qualité, de certification des produits, ou d'incitatifs fiscaux.³²¹

Les modèles de CEP subventionnés par le gouvernement ou par une ONG sont devenus de plus en plus populaires, en particulier depuis que la CEP a été classée parmi les catégories « d'amélioration de l'approvisionnement en eau » dans le cadre des Objectifs du Millénaire pour le Développement. Ces programmes représentent néanmoins des défis particuliers. Selon la publication de l'IRC citée ci-dessus, tout programme national de collecte des eaux pluviales subventionné doit comprendre les six activités suivantes:

- Une étude préliminaire pour confirmer que la CEP est économiquement viable dans la zone ciblée (c'est à dire qu'elle va fournir de l'eau à un coût moins élevé que si on choisissait d'augmenter le nombre de sources ponctuelles)
- Un processus d'éducation/de vulgarisation afin de former les ménages aux avantages mais aussi aux limites de la technologie dans laquelle on les incite à investir
- Une politique de subvention bien définie (par exemple stipuler que le financement par le gouvernement ou l'ONG ne contribuera qu'à une partie du système CEP pour chaque ménage et que le reste devra être couvert par le ménage en bénéficiant)
- Un processus de sélection des ménages qui puisse identifier ceux qui sont physiquement aptes à utiliser le CEP, financièrement capables de payer une contribution aux coûts et qui « méritent » de recevoir une subvention (du fait par exemple de leur situation financière précaire ou de leur éloignement des points d'eau existants, etc.)
- Une chaîne d'approvisionnement pour les pièces de rechange
- Un processus d'installation qui utilise la main-d'œuvre locale et qui inclut une certaine forme de contrôle qualité.³²¹

Les options techniques qui seront proposées aux ménages doivent être également choisies. Idéalement, cette décision sera prise via un processus basé sur les préférences de l'utilisateur local et de la demande. Ce processus doit également comprendre un examen technique réalisé par des experts afin de déterminer si ces choix sont pertinents par rapport au contexte local. Des conseils détaillés sur les aspects techniques de la conception de systèmes de CEP sont disponibles dans la publication de l'IRC citée un peu plus haut.³²¹

La Récupération et la Réutilisation de l'Eau

La récupération et la réutilisation de l'eau, en utilisant les eaux usées municipales traitées comme ressource d'eau, peuvent constituer un élément important des stratégies holistiques de préservation des ressources en eau douce. Ces techniques sont pratiquement universellement pratiquées pour l'irrigation agricole dans les pays au climat aride et semi-aride.³²² Etant donné que la croissance démographique et l'augmentation de la consommation d'eau par habitant a pour conséquence une diminution accrue des ressources d'eau douce, de nombreux pays se sont trouvés obligés d'utiliser les eaux usées municipales comme ressource d'eau. Les programmes de récupération et de réutilisation de l'eau sont généralement initiés et mis en œuvre par les gouvernements et les entrepreneurs publics.

Tout comme le dessalement, la mise en œuvre potentielle d'un programme de récupération et de réutilisation de l'eau doit être évaluée dans le cadre d'une approche GIRE. Une brève description sur comment la réutilisation de l'eau peut être analysée et comparée à d'autres solutions d'approvisionnement en eau dans le cadre d'une GIRE est fournie au chapitre 25 du document intitulé « *Water Reuse: Issues, Technologies and Applications* » (Réutilisation de l'eau: Enjeux, Technologies et Applications). Chacune des étapes principales énumérées ci-dessous comprend « la perception et la sensibilisation du public » ainsi qu'un processus itératif de retour d'informations: ³²³

- La clarification du problème
- La formulation des objectifs et des critères d'évaluation
- La collecte d'informations de fond et l'établissement de prévisions
- L'identification de solutions alternatives au projet, y compris la récupération et la réutilisation de l'eau
- L'évaluation et le classement des alternatives
- La sélection d'une des solutions, la rédaction plus précise de la proposition de projet, et l'élaboration d'un plan de mise en œuvre. ³²³

Le succès des projets de réutilisation de l'eau repose, probablement de façon plus importante que pour n'importe quelle autre intervention du secteur de l'approvisionnement en eau, sur l'acceptation du public. Les approches passées qui avaient négligé la participation du public - en utilisant une politique de « décider, annoncer et défendre » - sont largement reconnues comme étant inefficaces. En outre, il est également prouvé que l'utilisation de programmes d'éducation et de sensibilisation du public après la conception d'un projet, est insuffisante. Les stratégies les plus récentes de projets de réutilisation de l'eau comprennent la participation de la communauté avant même la conception du projet, c'est à dire aux étapes de planification et de mise en œuvre. Une analyse documentaire sur les facteurs qui influencent la perception du public sur la réutilisation de l'eau, ainsi que sur des études de cas sur des méthodes qui ont réussies ou qui ont été infructueuses, et sur les stratégies possibles pour aborder la résistance du public, est disponible sur Internet. ³²⁴

En plus de la perception du public, les facteurs qui doivent être évalués et traités avant la mise en œuvre de la récupération et de la réutilisation de l'eau comprennent:

- Les ressources humaines et les capacités techniques
- Le cadre politique et réglementaire
- La réglementation et la gestion institutionnelle
- Le financement public

Ces éléments sont brièvement abordés dans la section « Récupération et réutilisation de l'Eau » du chapitre 5 de ce livret. De plus amples détails sont disponibles dans le rapport de PNUE intitulé « *Water and Wastewater Reuse: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management.* » (Eau et Eaux usées: Une approche écologiquement rationnelle pour la gestion durable des eaux urbaines.) ³²⁵

Les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP)

La méthode des WSP est fondamentalement différente des approches traditionnelles utilisées par les fournisseurs d'eau pour assurer la salubrité de l'eau. Les WSP ne s'appuient pas beaucoup sur les tests faits sur le produit final ; ils sont plutôt conçus pour identifier et faire face aux menaces qui pèsent sur la

salubrité de l'eau à toutes les étapes de l'approvisionnement, c'est à dire dans le bassin versant, pendant le transport, au moment du traitement et lors de la distribution de l'eau potable.³²⁶

L'opportunité de mettre en œuvre des WSP se présente à chaque fois que le fournisseur est motivé à poursuivre une approche fondée sur les risques, ou lorsque la capacité du personnel existe pour pouvoir faire les changements nécessaires. Le principal obstacle à la mise en œuvre des WSP est l'hésitation de certaines parties prenantes à adopter un tel paradigme de gestion de l'approvisionnement en eau fondamentalement différent.

Le développement de l'approche WSP est relativement récent et la littérature est en grande partie composée d'études de cas et de guides de mise en œuvre. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Association Internationale de l'Eau (IWA) ont publié un manuel de mise en œuvre concis, disponible gratuitement en ligne. Il représente une ressource précieuse pour tout service public envisageant un WSP.³²⁷ Les modules 11 sont organisées de façon à fournir une méthode de mise en œuvre d'un WSP par étape:

- Décrire le système d'approvisionnement en eau
- Identifier les dangers et les événements dangereux et évaluer les risques
- Déterminer et valider les mesures de contrôle, réévaluer et hiérarchiser les risques
- Développer, mettre en œuvre et maintenir un plan d'amélioration/de modernisation
- Définir le suivi des mesures de contrôle
- Vérifier l'efficacité du WSP
- Préparer des procédures de gestion
- Développer des programmes de soutien
- Planifier et mener une étude périodique du WSP
- Réviser le WSP à la suite d'un incident ³²⁷

Un outil d'Assurance Qualité WSP a également été récemment développé et mis en ligne par l'OMS et l'IWA.³²⁸ Il fournit une ressource précieuse pour la conception, la mise en œuvre ainsi que l'évaluation et l'amélioration continues des WSP.

L'OMS a également publié un rapport détaillé intitulé « *Water safety plans: Managing drinking-water quality from catchment to consumer* » (Plans de sécurité de l'eau potable: Gestion qualité de l'eau du captage au consommateur). Ce rapport comprend de plus amples détails sur les processus que les services publics d'eau doivent suivre afin de s'assurer qu'un WSP soit planifié et mis en œuvre correctement. En plus de fournir une étude approfondie des étapes clés de la mise en œuvre, le rapport comprend aussi un chapitre sur les considérations particulières à prendre dans la mise en œuvre des WSP pour les petits systèmes gérés par les communautés. Etant donné que les petits systèmes ont peu de chance de posséder des ressources pour développer des systèmes WSP spécifiquement adaptés, deux méthodes adaptées aux petits systèmes sont présentées: l'utilisation de WSP génériques et l'utilisation de guides pour aider le développement au niveau local. La mise en œuvre de ces deux stratégies est décrite au chapitre 13 du report de l'OMS.³²⁹

Il peut y avoir des obstacles supplémentaires à la mise en œuvre des WSP dans les pays en développement. Il s'agit notamment: du manque de données sur les réseaux de canalisation, du développement non planifié, du manque d'infrastructures d'assainissement. Un rapport du WEDC qui traite de ces problèmes pour les réseaux de canalisations d'approvisionnement en eau dans les milieux urbains des pays en voie de développement est disponible sur Internet.³³⁰

6. Conclusions

Ce guide a été conçu afin de constituer une ressource accessible pour toutes les parties prenantes du secteur de l'eau des pays en voie de développement. Il fournit des informations générales sur le changement climatique dans le secteur de l'eau, des informations spécialisées sur les technologies et les pratiques d'adaptation, et des conseils pratiques sur leur mise en œuvre. Le changement climatique devrait gravement nuire aux ressources et à l'approvisionnement en eau. Ces effets négatifs sont souvent aggravés par d'autres facteurs qui interviennent en parallèle et exercent eux-aussi une pression sur les ressources en eau, tels que la croissance de la population, les changements d'utilisation des sols, et l'augmentation de la demande en eau par habitant. Seuls, les efforts d'atténuation seront insuffisants pour empêcher les impacts substantiels sur le secteur de l'eau, en particulier dans les pays en développement.^{331,332} La « Déclaration de Delhi » affirme que l'adaptation constitue une « priorité absolue » pour les pays en développement et demande « l'attention et l'action urgente de la communauté internationale ».³³³

Onze technologies et pratiques pour l'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau sont décrites en détail dans ce manuel. Quatre stratégies d'adaptation supplémentaires sont également brièvement présentées. Cela ne représente en aucun cas une liste exhaustive des adaptations possibles. Toutefois, cette liste a pour but de couvrir les solutions d'adaptation clés pouvant être utilisées à l'échelle d'une maison individuelle jusqu'à l'échelle d'une ville ou d'une région.

Des thèmes récurrents sont apparus lors de la description de la mise en œuvre de ces diverses stratégies d'adaptation. Il s'agit notamment de l'importance des étapes préliminaires afin de s'assurer que les interventions soient efficaces et efficaces. Beaucoup de ces étapes préliminaires impliquent la collecte de données et de bien connaître l'approvisionnement et la demande en eau. Par exemple, l'analyse précise des points de distribution d'eau en milieu rural ainsi que l'étude de l'avancée de leurs réparations, sont des conditions essentielles pour la maximisation des effets positifs des programmes ruraux dans le secteur de l'eau. La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) et les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP), nous apportent des techniques de collecte de données sur les ressources et l'approvisionnement en eau. Un autre thème clé qui ressort de ce guide, est l'importance des mesures politiques locales et du cadre juridique pour beaucoup de ces stratégies. Par exemple, les lois sur les droits relatifs à l'eau peuvent beaucoup varier et peuvent, soit permettre soit freiner, les efforts d'une communauté à collecter des eaux de pluie et des eaux de ruissellement.

Enfin, l'adaptation ne doit pas se comprendre comme étant seulement le fait de mettre en œuvre la bonne technologie ou la bonne pratique. Elle doit faire partie d'une stratégie cohérente et intersectorielle afin d'assurer des ressources durables en eau et un approvisionnement en eau potable. Deux grands cadres ont été présentés afin d'aider la prise de décision quant à l'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau: la GIRE et les WSP. De plus amples détails et ressources pour l'application de ces deux stratégies d'adaptation au changement climatique sont fournis dans l'Annexe II.

7. Références

1. UNEP Risoe Centre (2010) Technology Needs Assessment (TNA) Project. Project Background. <http://tech-action.org/about.htm> Consulté en ligne le 1 février 2011.
2. UNEP Risoe Centre (2010) Technology Needs Assessment (TNA) Project. Resources. Guidebooks. <http://tech-action.org/resources.htm> Consulté en ligne le 1 février 2011.
3. Kundzewicz, Z.W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. Oki, Z. Sen et I.A. Shiklomanov (2007) Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson, Éd. Cambridge University Press, Cambridge, RU, 173-210.
4. Pachauri, R. (2010) Opening of the 16th session of the Conference of the Parties (COP 16) Cancun - Mexico, 29 november 2010. Statement delivered by Dr Rajendra Pachauri Chairman of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/COP16/StatementCancunDrPachauri.pdf Consulté en ligne le 31 janvier 2011.
5. Pielke, R.A. Jr, Prins, G., Rayne, r S., et Sarewitz, D.. (2007) Lifting the taboo on adaptation. Nature 445:597–98
6. UNFCCC (2002) The Delhi Ministerial Declaration on Climate Change and Sustainable Development. http://unfccc.int/cop8/latest/delhidecl_infprop.pdf Consulté en ligne le 28 janvier 2011.
7. IPCC (2007) Annex I: Glossaire. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K et Reisinger, A. (éd.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change. Genève. <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/ar4-wg3.pdf>
8. WHO et DFID (2010) Vision 2030: The Resilience of Water Supply and Sanitation in the Face of Climate Change: Summary and Policy Implications. World Health Organization. Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/vision_2030_summary_policy_implications.pdf
9. IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (éd.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change. Genève.
10. UN-Water (2009) UN-Water Policy Brief for COP15. "Climate change adaptation is mainly about water" Copenhagen. http://www.unwater.org/downloads/UNWclimatechange_EN.pdf Consulté en ligne le 21 janvier 2011
11. Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu et J.P. Palutikof, Éd. (2008) IPCC: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Genève, 210 pp.
12. Kundzewicz, Z.W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. Oki, Z. Sen et I.A. Shiklomanov (2007) Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson, Éd., Cambridge University Press, Cambridge, RU, 173-210.

13. Wang, L., S. Kanji et S. Bandyopadhyay (2009) The Health Impact of Extreme Weather Events in Sub-Saharan Africa. The World Bank Sustainable Development Network. Environment Department. WPS4979.
14. Wallis, M.J., M.R. Ambrose, et C.C. Chan (2008) Climate Change: Charting a Water Course in an Uncertain Future. Journal AWWA, Vol. 100:70-79.
15. IPCC (2007) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Éd., Cambridge University Press, Cambridge, RU, 7-22.
16. WHO (2007) The International Decade For Action Water For Life - 2005-2015. World Health Organization. Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/wwd7_water_scarcity_final_rev_1.pdf
17. Linham, M.M. et R.J. Nicholls (2010) Technologies for Climate Change Adaptation—Coastal Erosion and Flooding. UNEP Risoe Centre. http://tech-action.org/Guidebooks/TNAhandbook_CoastalErosionFlooding.pdf Consulté en ligne le 1 février 2011.
18. The Mekong River Commission (2001) MRCS Environment Training Program Case Studies—CR18: Saltwater Intrusion in the Mekong River Delta. Vientiane. www.mrcmekong.org/.../CS18%20--20Mekong%20River%20Delta%20Saltwater%20Intrusion.pdf
19. Wada, Y., L. P. H. van Beek, C.M. van Kempen, J.W.T.M. Reckman, S. Vasak, et M.F.P. Bierkens (2010) Global depletion of groundwater resources. Geophysical Research Letters Vol. 37:L20402.
20. Ward, P.J., K.M. Strzepek, W.P. Pauw, L.M. Brander, G.A. Hughes et J.C.J.H. Aerts (2010) Partial costs of global climate change adaptation for the supply of raw industrial and municipal water: a methodology and application. Environ. Res. Lett. Vol. 5:044011.
21. Levina, E. et D. Tirpak (2006) Adaptation to Climate Change: Key Terms. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. <http://www.oecd.org/dataoecd/36/53/36736773.pdf> Consulté en ligne le 24 janvier 2011.
22. IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report.
23. IPCC (2007) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Éd., Cambridge University Press, Cambridge, RU, 7-22.
24. Gleick, P.H. (2006) The World's Water 2006–2007: The Biennial Report on Freshwater Resources; Data Table 2: Freshwater Withdrawal by Country and Sector. Island Press. Washington, DC. Pp. 230-236.
25. Garg, A., D.C. Uprety et D. Hongmin (forthcoming) Technologies for Climate Change Mitigation: Agriculture Sector. UNEP Risoe Centre. Roskilde, Danemark.
26. IPCC (2007) Annex I: Glossaire. Climate Change 2007: Synthesis Report.
27. Calow, R.C., Robins, N.S., Macdonald, A.M., Macdonald, D.M.J., Gibbs, B.R., Orpen, W.R.G., Mtembezeka, P., Andrews, A.J., et Appiah, S.O. (1997) Groundwater management in drought prone areas of Africa. Water Resources Development Vol. 13:241-261.
28. Wada, Y., L. P. H. van Beek, C.M. van Kempen, J.W.T.M. Reckman, S. Vasak, et M.F.P. Bierkens (2010) Global depletion of groundwater resources. Geophysical Research Letters Vol. 37:L20402.
29. Sayana, V.B.M., E. Arunbabu, L. Mahesh Kumar, S. Ravichandran et K. Karunakaran (2010) Groundwater responses to artificial recharge of rainwater in Chennai, India: a case study in an educational institution campus. Indian Journal of Science and Technology Vol. 3:124-130.

30. Asano, T. et J. Cotruvo (2004) Groundwater recharge with reclaimed municipal wastewater: health and regulatory considerations. *Water Research* Vol. 38:1941–1951.
31. Kundzewicz, Z.W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. Oki, Z. Sen et I.A. Shiklomanov (2007) Freshwater resources and their management. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson, Éd., Cambridge University Press, Cambridge, RU, 173-210.
32. Yang, H., et Jia, S.F. (2005) Industrial Water Use Kuznets Curve: Evidence from Industrialized Countries and Implications for Developing Countries. http://www.mssanz.org.au/modsim05/papers/yang_h.pdf
33. Anisfield, S.C. (2010) *Water Resources (Foundations of Contemporary Environmental Studies Series)*. Island Press. Washington, DC.
34. Fearnside, P.M. (2000) Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (brazil's tucuruí dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution*. Vol. 133:69-96.
35. WCD (2000) *Dams and development*. World Commission on Dams. Earthscan. Londres. <http://www.dams.org/report/> Consulté en ligne le 31 janvier 2011.
36. UNEP (2007) *Dams and Development Relevant practices for improved decision-making*. United Nations Environmental Programme. Nairobi. <http://www.unep.org/dams/files/compendium/compendium.pdf> Consulté en ligne le 31 janvier 2011.
37. ADB (2005) *Dams and Development A source of information, guidance, and weblinks related to planning and implementation of dam projects*. Asian Development Bank. <http://www.adb.org/water/topics/dams/default.asp> Consulté en ligne le 31 janvier 2011.
38. International Conference on Water and the Environment (1992) *The Dublin Statement on Water and Sustainable Development*. Adopté le 31 janvier 1992 à Dublin, Irlande. International Conference on Water and the Environment. <http://www.un-documents.net/h2o-dub.htm> Consulté en ligne le 25 janvier 2011.
39. Chong, H. et D. Sunding (2006) *Water Markets and Trading*. *Annual Review of Environment and Resources*. Vol. 31:239-264.
40. Brookshire, D.S., B. Colby, M. Ewers et P.T. Ganderton (2004) Market prices for water in the semiarid west of the United States. *Water Resour. Res.* Vol. 40:W09S04.
41. Bauer, C. (2004) Results of Chilean water markets: empirical research since 1990. *Water Resour. Res.* Vol. 40:W09S06.
42. Bjornlund, H. (2004) Formal and informal water markets: drivers of sustainable rural communities? *Water Resour. Res.*, Vol. 40:W09S07.
43. Adler, J.H. (2008) Warming Up to Water Markets, *Regulation* Vol. 31, Winter 2008-2009. Pp. 14-17. <http://www.cato.org/pubs/regulation/regv31n4/v31n4-3.pdf> Consulté en ligne le 5 février 2011.
44. Adler, J.H. (2009) *Water Marketing As an Adaptive Response To The Threat Of Climate Change*. *Hamline Law Review*. Vol. 31:730-754.
45. Van der Keur P, Henriksen HJ, Refsgaard J-C, Brugnach M, Pahl-Wostl C, Dewulf A, Buiteveld H (2008) Identification of major sources of uncertainty in current IWRM practice. Illustrated for the Rhine Basin. *Water Resour Management* Vol. 22:1677–1708
46. Mehtonen K., Keskinen M. et Varis O. (2008b), *The Mekong: IWRM and Institutions*, In: Varis O., Tortajada C. and Biswas A.K. (éd.), *Management of Transboundary Rivers and Lakes*, Springer, Berlin, pp: 207-226.

47. UNESCO, Institute for Water Education (2010) IWRM as a Tool for Adaptation to Climate Change. http://www.cap-net.org/sites/cap-net.org/files/CC&%20IWRM%20_English%20manual_.pdf Consulté en ligne le 25 janvier 2011.
48. Cap-Net (2010) IWRM a Tool for Adaptation to Climate Change. Site Internet qui indique des liens vers des manuels de formation et des diapositives de présentation en Anglais, Espagnol et Portugais. <http://www.cap-net.org/node/1628> Consulté en ligne le 25 janvier 2011.
49. Gleick, P.H. et H.S. Cooley (2009) Energy implications of bottled water. Environ. Res. Lett. Vol. 4:014009. doi:10.1088/1748-9326/4/1/014009
50. IPCC (2007) Annex I: Glossaire. Climate Change 2007: Synthesis Report.
51. IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report.
52. Pielke, R.A. Jr, Prins, G., Rayne, r S., et Sarewitz, D.. (2007) Lifting the taboo on adaptation. Nature 445:597–98
53. UNFCCC (2002) The Delhi Ministerial Declaration on Climate Change and Sustainable Development.
54. IPCC (2007) Annex I: Glossaire. Climate Change 2007: Synthesis Report.
55. Hutton, G. et L. Haller (2004) Evaluation of the costs and benefits of water and sanitation improvements at the global level. World Health Organization. Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/wsh0404/en/
56. WHO et DFID (2010) Vision 2030: The Resilience of Water Supply and Sanitation in the Face of Climate Change: Summary and Policy Implications. World Health Organization. Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/vision_2030_summary_policy_implications.pdf
57. Moss, S. (2003) "Re-evaluating emergency water supply in complex droughts in Africa" Towards the Millennium Development Goals. 29th WEDC Conference Proceedings. http://wedc.lboro.ac.uk/knowledge/conference_papers.html?cid=29
58. WaterAid (2006) "Technology notes." Londres. http://www.wateraid.org/documents/plugin_documents/technology_notes_2008.pdf
59. WaterAid—Bangladesh (2006) "Step by step implementation guide for tubewells." Dhaka. http://www.wateraid.org/documents/plugin_documents/060721_tubewell_guidelines.pdf
60. Sonou, M. (1997) "Low-cost shallow tube well construction in West Africa." UN FAO Corporate Document Repository. New York. <http://www.fao.org/docrep/w7314e/w7314e0v.htm>
61. Barker, R.D., White, C.C., et Houston, J.F.T. (1992) Borehole siting in an African accelerated drought relief project. In "Hydrogeology of Crystalline Basement Aquifers in Africa. Ed. Wright, E.P. et Burgess, W.G. Pp. 183-201.
62. Burdon, D.J. (1985) Groundwater against drought in Africa. In Hydrogeology in the Service of Man, Mémoires of the 18th Congress of the International Association of Hydrogeologists. Cambridge. http://iahs.info/redbooks/a154/iahs_154_02_0076.pdf Consulté en ligne le 11 novembre 2010.
63. Calow, R.C., MacDonald, A.M., Nicol, A.L., et Robins, N.S. (2009) Ground Water Security and Drought in Africa: Linking Availability, Access, and Demand. Groundwater Vol. 48:246-256.
64. WHO et DFID (2010) Vision 2030. Resilience of water and sanitation technology: Technical Report.
65. IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report.
66. Calow, R.C., Robins, N.S., Macdonald, A.M., Macdonald, D.M.J., Gibbs, B.R., Orpen, W.R.G., Mtembezeka, P., Andrews, A.J., and Appiah, S.O. (1997) Groundwater management in drought prone areas of Africa. Water Resources Development Vol. 13:241-261.
67. US National Drought Mitigation Center (2006) "What is Drought?: Understanding and Defining Drought" <http://www.drought.unl.edu/whatis/concept.htm>

68. Vörösmarty, C.J., Green, P., Salisbury, J. et Lammers, R.B. (2000) "Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth" *Science*. Vol. 289:284-288.
69. Gleick, P.H. (2002) "The world's water, 2002-2003: the biennial report on freshwater resources." Island Press. Washington.
70. Carter, R. (2006) Ten-step Guide Towards Cost-effective Boreholes: Case study of drilling costs in Ethiopia. World Bank Water et Sanitation Program. <http://www.rwsn.ch/documentation/skatdocumentation.2007-06-04.3136351385/file>
71. MacDonald, A.M., Davies, J. et Dochartaigh, B.É.Ó. (2002) Simple methods for assessing groundwater resources in low permeability areas of Africa Groundwater systems and water quality. British Geological Survey and DFID. Commissioned Report CR/01/168N. Partie 1: http://www-esd.worldbank.org/esd/ard/groundwater/pdfreports/Simple_%20methods_African_lowperm_areas_Pt1.pdf et 2ème partie: http://www-esd.worldbank.org/esd/ard/groundwater/pdfreports/Simple_%20methods_African_lowperm_areas_Pt2.pdf
72. Barker, R.D., White, C.C., et Houston, C.F.T. (1992) Borehole siting in an African accelerated drought relief project. In Wright, E.P. and Burgess, W.G. Éd. *Hydrogeology of Crystalline Basement Aquifers in Africa*. Pp. 183-201.
73. Welle, K. (2005) WaterAid learning for advocacy and good practice. WaterAid water point mapping in Malawi and Tanzania. WaterAid. Londres. http://www.wateraid.org/documents/plugin_documents/malawi_tanzania.pdf
74. Doyen, J. (2003) A Comparative Study on Water Well Drilling Costs in Kenya. Rural Water Supply Network. St. Gallen, Suisse. <http://www.rwsn.ch/documentation/skatdocumentation.2008-08-25.3202857121/file>
75. Carter, R., Horecha, D., Etsegenet, B., Belete, E., Defere, E., Negussie, Y., Muluneh, B., et Danert, K. (2006) Drilling for Water in Ethiopia: a Country Case Study by the Cost-Effective Boreholes Flagship of the Rural Water Supply Network. Federal Democratic Republic of Ethiopia/World Bank WSP/RWSN. <http://www.rwsn.ch/documentation/skatdocumentation.2006-08-09.6396873528/file>
76. UN FAO (2004) Drought impact mitigation and prevention in the Limpopo River Basin: A situation analysis. UN Food and Agriculture Organization. Rome. ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/lwdp4_e.pdf
77. Fendorf, S., Michael, H.A. et van Geen, A. (2010) "Spatial and Temporal Variations of Groundwater Arsenic in South and Southeast Asia" *Science*. Vol. 328 (5982):1123–1127.
78. Feenstra, L., Vasak, L. et Griffioen, J. (2007) "Fluoride in groundwater: Overview and evaluation of removal methods." International Groundwater Resources Assessment Centre. Utrecht.
79. Petrushevski, B., Sharma, S., Schippers, J.C. et Shardt, K. (2006) "Arsenic in Drinking Water." IRC International Water and Sanitation Centre. Delft. www.irc.nl/content/download/29654/.../TOP17_Arsenic_07.pdf
80. World Bank (2005) Towards a More Effective Operational Response: Arsenic Contamination of Groundwater in South and East Asian Countries. http://siteresources.worldbank.org/INTSAREGTOPWATRES/Resources/ArsenicVoll_WholeReport.pdf
81. Qian, J. (1999) "Fluoride in water: An overview." UNICEF WATERfront. Vol. 13:11-13.
82. Wurzel, P. (2001) Drilling Boreholes for Handpumps. Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management. St. Gallen, Suisse. http://www.watersanitationhygiene.org/Références/EH_KEY_REFERENCES/WATER/Drilling/Drilling%20General%20Reference/Drilling%20Boreholes%20for%20Handpumps%20%28SKAT%29.pdf
83. US Geological Survey (2010) Earth's water distribution. <http://ga.water.usgs.gov/edu/waterdistribution.html> Consulté en ligne le 5 novembre 2010.
84. WHO (2007) Desalination for Safe Water Supply: Guidance for the Health and Environmental Aspects Applicable to Desalination. Rolling Revision. World Health Organization. Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/desalination.pdf Consulté en ligne le 5 novembre 2010.

85. Khawaji, A.D., Kutubkhanah, I.K. et Wie, J.M. (2008) Advances in seawater desalination technologies Desalination Vol. 221:47–69.
86. Gleick, P.H., Cooley, H., et Wolff, G. (2006) With a Grain of Salt: An Update on Seawater Desalination. dans "The World's Water: 2006-2007." Ed. P.H. Gleick. Island Press. Washington, DC.
87. Filters Fast LLC (2005) "A simple guide to water filtration." <http://www.filtersfast.com/A-Simple-Guide-to-Water-Purification.asp> Consulté en ligne le 2 février 2011.
88. Hydrolink (2011) "What is Reverse Osmosis?" <http://www.hydrolink.com.pk/osmosis.html> Consulté en ligne le 2 février 2011.
89. Foundation for Water Research (2006) Review of Current Knowledge: Desalination for Water Supply. Marlow, Royaume-Uni. <http://www.fwr.org/desal.pdf> Consulté en ligne le 5 novembre 2010.
90. Miller, J.E. (2003) Review of Water Resources and Desalination Technologies. Sandia National Laboratories. SAND 2003-0800. Albuquerque, USA. http://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-500-desalination-and-water-purification-spring-2009/readings/MIT2_500s09_read19.pdf Consulté en ligne le 5 novembre 2010.
91. Greenlee, L.F., Lawler, D.F., Freeman, B.D., Marrot, B., et Moulin, P. (2009) Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. Water Research Vol. 43 (9):2317-2348.
92. Boyson, J.E., Harju, J.A., Rousseau, C., Solc, J., et Stepan, D.J. (1999) Evaluation of the Natural Freeze- Thaw Process for the Desalinization of Groundwater from the North Dakota Aquifer to Provide Water for Grand Forks, North Dakota. U.S. Bureau of Reclamation Water Treatment Technology Program Report No. 23. <http://www.usbr.gov/pmts/water/publications/reports.html> Consulté en ligne le 5 novembre 2010.
93. Ludwig, H. (2004) Hybrid systems in seawater desalination- practical design aspects, present status and development perspectives. Desalination Vol. 164:1-18.
94. Hamed, O.A. (2005) Overview of hybrid desalination systems — current status and future prospects. Desalination Vol. 186:207-214.
95. Holt, J.K., Park, G.H., Wang, Y., Stadermann, M., Artyukhin, A.B., Grigoropoulos, C.P., Noy, A., et Bakajin, O. (2006) Fast Mass Transport through Sub-2-Nanometer Carbon Nanotubes. Science Vol. 312:1034-1037.
96. Lawrence Livermore National Laboratory (2006) Communiqué de Presse : Nanotube membranes offer possibility of cheaper desalination. <https://www.llnl.gov/news/newsreleases/2006/NR-06-05-06.html> Consulté en ligne le 5 novembre 2010.
97. Sandia National Laboratories (2010) Membrane Technologies. <http://www.sandia.gov/water/desal/research-dev/membrane-tech.html> Consulté en ligne le 5 novembre 2010
98. Gliozzi, A., Relini, A., et Chong, P.G. (2002) Structure and permeability properties of biomimetic membranes of bolaform archaeal tetraether lipids. Journal of Membrane Science. Vol. 206:131-147.
99. World Bank (2005) Trends in the Desalination Market in the Middle East and Central Asia (Project #012). Bank-Netherlands Water Project. <http://siteresources.worldbank.org/INTWSS/Resources/Activity12.pdf> Consulté en ligne le 9 novembre 2010.
100. DHV Water BV, the Netherlands, et BRL Ingénierie (2004) Seawater and Brackish Water Desalination in the Middle East, North Africa and Central Asia: A Review of Key issues and Experience in Six Countries. Report for the World Bank. http://siteresources.worldbank.org/INTWSS/Resources/Desal_mainreport-Final2.pdf Consulté en ligne le 9 novembre 2010.
101. Karagiannis, I.C. et Soldatos, P.G. (2008) Water desalination cost literature: review and assessment. Desalination Vol. 223:448-456.
102. Gassan, C. (2007) Let's Go for Green Desal. International Desalination Association IDA News. juillet/août 2007. http://www.idadesal.org/PDF/2007_4-julyaug.pdf Consulté en ligne le 9 novembre 2010.

103. Texas Water Development Board (2004) Volume 2: Technical Papers, Case Studies, and Desalination Technology Resources. <http://www.twdb.state.tx.us/iwt/desal/docs/Volume2Main.asp> Consulté en ligne le 9 novembre 2010.
104. UN (2008) Millennium Development Goals Progress Report. United Nations, New York
105. Godfrey, S., Labhasetwar, P., Wate, S. et Pimpalkar, S. (2009) "How safe are the global water coverage figures? Case study from Madhya Pradesh, India" *Environ Monit Assess* DOI 10.1007/s10661-010-1604-3
106. Clasen, T. (2009) Scaling Up Household Water Treatment Among Low-Income Populations. (WHO/HSE/WSH/09.02) World Health Organization, Genève. http://whqlibdoc.who.int/hq/2009/WHO_HSE_WSH_09.02_eng.pdf
107. Sobsey, M.D. (2002) Managing water in the home: accelerated health gains from improved water supply, (WHO/SDE/WSH/02.07) World Health Organization, Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/wsh0207/en/
108. Sobsey, M.D., C.E. Stauber, L.M. Casanova, J.M. Brown & M.A. Elliott (2008) Point of Use Household Drinking Water Filtration: A Practical, Effective Solution for Providing Sustained Access to Safe Drinking Water in the Developing World. *Environ Sci Technol.* 42 (12):4261–4267.
109. Clasen, T., Roberts, I., Rabie, T., Schmidt, W., & Cairncross, S. (2006). Interventions to improve water quality for preventing diarrhoea. *Cochrane Database Syst Rev*, 3, CD004794.
110. Fewtrell, L., Kaufmann, R. B., Kay, D., Enanoria, W., Haller, L., & Colford, J. M., Jr. (2005). Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis.* 5(1), 42-52.
111. PATH (2010) Global Landscape of Household Water Treatment and Safe Storage Products. Seattle. http://www.path.org/files/TS_swp_hwts_gl.pdf
112. Clasen, T.F., Thao, do H., Boisoan, S. et Shipin, O. (2008) Microbiological Effectiveness and Cost of Boiling to Disinfect Drinking Water in Rural Vietnam. *Environ. Sci. Technol.* 42(12):4255-4260.
113. CDC (no date) "Safe Water Systems for the Developing World: A Handbook for Implementing Household-based Water Treatment and Safe Storage Projects" http://www.cdc.gov/safewater/manual/sws_manual.pdf
114. WHO (2010) Household water treatment and safe storage. http://www.who.int/household_water/network/en/ Consulté en ligne le 29 octobre 2010.
115. Lantagne, D. et Clasen, T. (2009) Point of Use Water Treatment in Emergency Response. Londres School of Hygiene and Tropical Medicine. http://www.ehproject.org/PDF/ehkm/lantagne-pou_emergencies2009.pdf
116. International Federation of Red Cross et Red Crescent Societies (2008) Household water treatment and safe storage in emergencies A field manual for Red Cross/Red Crescent personnel and volunteers. http://www.ifrc.org/Docs/pubs/health/water/142100-HWT-en_LR.pdf
117. Kundzewicz, Z.W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. Oki, Z. Sen et I.A. Shiklomanov (2007) "Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability." Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Éd., Cambridge University Press, Cambridge, RU, 173-210. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html
118. WHO et DFID (2010) "Vision 2030: The Resilience of Water Supply and Sanitation in the Face of Climate Change." http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/9789241598422_cdrom/en/index.html
119. Bonds, M.H., Keenan, D.C., Rohani, P. et Sachs, J.D., (2009) "Poverty trap formed by the ecology of infectious diseases" *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences.* 277:1185-1192.

120. Hutton, G. et L. Haller (2004) "Evaluation of the costs and benefits of water and sanitation improvements at the global level" World Health Organization. Genève http://www.who.int/water_sanitation_health/wsh0404/en/
121. Hunter, P.R. (2009) Household Water Treatment in Developing Countries: Comparing Different Intervention Types Using Meta-Regression. Environ. Sci. Technol. 43(23):8991-8997.
122. WHO (2010) HWTS Fact sheets and tools. http://www.who.int/household_water/network/tools/en/index.html
123. Vousvouras, C.A. et Heierli (2010) Safe Water at the Base of the Pyramid. 300in6 Initiative. <http://300in6.org/wp-content/uploads/2010/02/Safe-Water-at-the-Base-of-the-Pyramid-Booklet.pdf>
124. Osborn, P. et Holstag, H. (2010) "300in6: Safe water for 300 million in 6 years. Massive scaling-up of safe water solutions" Presentation at the "Water and Health: Where Science Meets Policy" conference. Chapel Hill, USA. 26 octobre 2010. <http://300in6.org/wp-content/uploads/2010/10/300in6-at-HWTS-241010-v5-Standard1.pdf>
125. Murcott, S. (2006) Implementation, Critical Factors and Challenges to Scale-Up of Household Drinking Water Treatment and Safe Storage Systems. <http://www.hip.watsan.net/page/1738>
126. Kols, A. (2010) Consumer and Market Research on Household Water Treatment Products in Vietnam. PATH. Seattle. http://www.path.org/files/TS_swp_hwts_viet.pdf
127. Harris, J. (2005) Challenges to the Commercial Viability of Point-of-Use (POU) Water Treatment Systems in Low- Income Settings. Master of Science Dissertation. Oxford University. School of Geography and the Environment. http://www.who.int/household_water/research/commercial_viability.pdf
128. Heierli, U. (2008) Marketing safe water systems: why it is so hard to get safe water to the poor—and so profitable to sell it to the rich. Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC). Bern, Suisse. 114 p. <http://www.irc.nl/page/46695>
129. Kols, A. (2009) Supply and Demand for Household Water Treatment Products in Andhra Pradesh, Karnataka, and Maharashtra, India. PATH. Seattle. http://www.path.org/files/TS_supply_demand_hwts_india.pdf
130. POUZN Project. (2007) Best Practices in Social Marketing Safe Water Solution for Household Water Treatment: Lessons Learned from Population Services International Field Programs. The Social Marketing Plus for Diarrheal Disease Control: Point-of-Use Water Disinfection and Zinc Treatment (POUZN) Project, Abt Associates Inc., Bethesda, MD. <http://www.ehproject.org/PDF/ehkm/LessonsLearnedFinal.pdf>
131. Gately, M. (2010) "HWTS education: a hidden success in emergency situations" Presentation at the "Water and Health: Where Science Meets Policy" conference. Chapel Hill, USA. 26 octobre 2010.
132. USAID (2006) A Bibliography on Point-of-Use Water Disinfection. Consulté en ligne le 29 octobre 2010. http://www.ehproject.org/PDF/ehkm/pou_bibliography2006final.pdf
133. USAID (2010) Environmental Health Topics. Household Water Treatment. Consulté en ligne le 29 octobre 2010. http://www.ehproject.org/eh/eh_topics.html
134. CAWST (2010) Training material. Consulté en ligne le 29 octobre 2010. <http://www.cawst.org/en/resources/pubs/section/6-training-materials>
135. RDI—Cambodia (2010) Ceramic Water Filters at RDIC. Consulté en ligne le 29 octobre 2010. <http://www.rdic.org/waterceramicfiltration.htm>
136. SODIS Safe drinking water for all (2010) Training material. Consulté en ligne le 29 octobre 2010. http://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/index_EN
137. CDC (2010) Safe Water System (SWS) Publications—FAQ Sheet. Consulté en ligne le 29 octobre 2010. http://www.cdc.gov/safewater/publications_pages/pubs_faq.htm
138. WaterAid (2006) "Technology notes."

139. WaterAid—Bangladesh (2006) “Step by step implementation guide for tubewells.” Dhaka. http://www.wateraid.org/documents/plugin_documents/060721_tubewell_guidelines.pdf
140. WHO (1996) Guidelines for Drinking Water Quality—2nd Edition. World Health Organization. Genève. Chapter6. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol3f.pdf
141. Howard, G., Godfrey, S., et Boonyakarnkul, T. (2006) Sanitary completion of protection works around groundwater sources. In “Protecting Groundwater for Health” Éd. Schmol, O., Howard, G., Chilton, J. & Chorus, I. International Water Association. Londres. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd59/protecting/sect4-18.pdf>
142. Misstear, B., Banks, D. et Clark, L. (2006) Water wells and boreholes. Wiley & Sons, Ltd. West Sussex, Angleterre.
143. WHO (1996) Guidelines for Drinking Water Quality—2nd Edition. World Health Organization. Genève. Annex 2. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol3h.pdf
144. IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report.
145. Smith, M. et Shaw, R. (no date) Technical Note 50: Sanitary Surveying. WEDC. Loughborough University. Leicestershire, RU. <http://www.lboro.ac.uk/well/resources/technical-briefs/50-sanitary-surveying.pdf>
146. Reed, B. (2005) Minimum water quantity needed for domestic use in emergencies. WHO—Technical Notes for Emergencies Technical Note No. 9. World Health Organization, Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/envsan/minimumquantity.pdf
147. Carter, R. (2006) Ten-step Guide Towards Cost-effective Boreholes: Case study of drilling costs in Ethiopia. World Bank Water and Sanitation Program. <http://www.rwsn.ch/documentation/skatdocumentation.2007-06-04.3136351385/file>
148. Smith, M. (2009) Lessons learned in WASH Response during Urban Flood Emergencies. Global WASH Cluster. New York. http://www.humanitarianreform.org/humanitarianreform/Portals/1/cluster%20approach%20page/ clusters%20pages/WASH/Urban_Floods_WASH_Lessons_Learned.pdf
149. Mwaniki, P. (2009) Lessons learned in WASH Response during Rural Flood Emergencies. Global WASH Cluster. New York. http://www.humanitarianreform.org/humanitarianreform/Portals/1/cluster%20approach%20page/ clusters%20pages/WASH/Rural_Floods_WASH_Lessons_Learned.pdf
150. District Administration, District Bahraich, Uttar Pradesh, India. (2010) Wat-San: Bahraich Model. <http://www.recoveryplatform.org/assets/document/Bahraich%20WASH%20case%20study.pdf>
151. Jaiswal, P. (2010) Hope floats in great flood. Hindustan Times. 23 septembre 2010 <http://www.hindustantimes.com/Hope-floats-in-great-flood/Article1-603891.aspx>
152. Yang, H., et Jia, S.F. (2005) Industrial Water Use Kuznets Curve: Evidence from Industrialized Countries and Implications for Developing Countries. http://www.mssanz.org.au/modsim05/papers/yang_h.pdf
153. Anisfield, S.C. (2010) Water Resources (Foundations of Contemporary Environmental Studies Series). Island Press. Washington, DC.
154. Pacific Institute (2009) Fact Sheet on water Use in the United States. Oakland, USA. http://www.pacinst.org/press_center/usgs/US%20Water%20Fact%20Sheet%202005.pdf
155. Nakagawa, N., Kawamura, A., et Amaguchi, H. (2010) Analysis of Decreasing Tendency of Domestic Water Use per Capita in Tokyo. Conference Proceedings of BALWOIS 2010 - Ohrid, République de Macedoine – 25 - 29 mai 2010. http://www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-1444.pdf
156. Elizondo, G.M. and Lofthouse, V. (2010) Towards a Sustainable Use of Water at Home: Understanding How Much, Where and Why?. Journal of Sustainable Development. Vol. 3:3-10.

157. Willis, R.M., R.A. Stewart, K. Panuwatwanich, S. Jones et A. Kyriakides (2010) Alarming visual display monitors affecting shower end use water and energy conservation in Australian residential households. *Resources, Conservation and Recycling* Vol. 54:1117-1127.
158. USEPA (2002) Cases in Water Conservation: How Efficiency Programs Help Water Utilities Save Water and Avoid Costs. Document EPA-832-B-02-003. http://www.epa.gov/WaterSense/docs/utilityconservation_508.pdf
159. Dickinson, M.-A., 2000. Water conservation in the United States: A decade of progress. Dans : Estevan, A., Viñuales, V. (Éd.), *La Eficiencia del Agua en las Ciudades*. Bakeaz y Fundacion Ecologia y Desarrollo, Zaragoza, Espagne. http://www.colorado.edu/front_range/docs/wtr_cons_dickinson.pdf
160. USEPA (2010) Find Energy Star Products. Site Internet de l'USEPA. Consulté en ligne le 22 novembre 2010. http://www.energystar.gov/index.cfm?c=products.pr_find_es_products
161. USEPA (2007) The WaterSense Label. Document EPA-832-F-06-019. http://www.epa.gov/WaterSense/docs/ws_label508.pdf
162. USEPA (2008) Indoor Water Use in the United States. Document EPA-832-F-06-004. http://www.epa.gov/WaterSense/docs/ws_indoor508.pdf
163. IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*.
164. Gleick, P.H., Cooley, H., Lee, E., Morrison, J., Palaniappan, M., Samulon, A. et Wolff, G. (2006) Table 2: Freshwater Withdrawal by Country and Sector. Dans : "The World's Water: 2006-2007." Ed. P.H. Gleick. Island Press. Washington, DC.
165. USEPA (2010) Saving Water Saves Energy. Document EPA-832-K-08-001. <http://www.epa.gov/WaterSense/docs/drops-to-watts508.pdf>
166. Zhou, Y. et Tol, R.S.J. (2005) Water Use in China's Domestic, Industrial and Agricultural Sectors: An Empirical Analysis. Working paper FNU-67. University of Hamburg: Research Unit Sustainability and Global Change. https://www.fnu.zmaw.de/fileadmin/fnu-files/publication/working-papers/WD_ZhouFNU67.pdf
167. Gleick, P.H., Chalecki, E.L., et Wong, A. (2002) Measuring Water Well-Being: Water Indicators and Indices. In "The world's water, 2002-2003: the biennial report on freshwater resources" Ed. Gleick, P.H. Island Press. Washington, DC.
168. Geller, E.S., Erickson, J.B., & Buttram, B.A. (1983). Attempts to promote residential water conservation with educational, behavioural and engineering strategies. *Population and Environment*. Vol. 6:96-112.
169. Van Vugt, M. (2001) Community Identification Moderating the Impact of Financial Incentives in a Natural Social Dilemma: Water Conservation. *Pers Soc Psychol Bull*. Vol. 27:1440-1449.
170. Bounds, G. (2010) Misleading Claims on 'Green' Labeling. *The Wall Street Journal*. 26 octobre 2010. <http://online.wsj.com/article/SB10001424052702303467004575574521710082414.html>
171. European Commission (2009) Study on Water Efficiency Standards. Reference: 070307/2008/5208889/ETU/D2. http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/Water%20efficiency%20standards_Study2009.pdf
172. Waterwise (2010) Water used wisely, every day, everywhere: Mainstreaming water efficiency in the UK: helping to meet the challenges of climate change through wasting less water. White Paper. Londres. <http://www.waterwise.org.uk/images/site/Policy/final%20waterwise%20white%20paper%20june%202010.pdf>
173. USGS (2010) Water Use in the United States. Site Internet consulté en ligne le 22 novembre 2011. <http://water.usgs.gov/watuse/>
174. USEPA (2010) Calculate Your Water Savings. Site Internet consulté en ligne le 22 novembre 2011. http://www.epa.gov/WaterSense/calculate_your_water_savings.html

175. Hinrichsen, D., Robey, B. & Upadhyay, U. (1997) Solutions for a Water-Short World. Population Reports, Series M. No. 14. Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, Population Information Program. Baltimore. <http://info.k4health.org/pr/m14/m14print.shtml>
176. McIntonsh, A.C. (2003) Asian Water Supplies: Reaching the Urban Poor. Asian Development Bank. Chapter 9: Non-revenue Water. http://www.adb.org/documents/books/asian_water_supplies/
177. Farley, M. (2001) Leakage management and control: A Best Practice Training Manual. World Health Organization. Genève. http://whqlibdoc.who.int/hq/2001/WHO_SDE_WSH_01.1_eng.pdf
178. USEPA (2009) Pipe Leak Detection Technology Development. EPA/600/F-09/019 <http://www.epa.gov/awil/pdf/600f09019.pdf>
179. Thomson, J. et Wang, L. (2009) Condition Assessment of Ferrous Water Transmission and Distribution Systems: State Of Technology Review Report. US Environmental Protection Agency Document EPA/600/R-09/055. <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r09055/600r09055.pdf>
180. Maryland Department of the Environment (2002) Water Supply Program: Water Audit Guidance. Consulté en ligne le 1er décembre 2010. http://www.mde.state.md.us/programs/Water/Water_Supply/Documents/www.mde.state.md.us/assets/document/water_cons/Water_Audit_guidance.PDF
181. Correlje, A.F., de Graaf, R.E., Ryu, M., Schuetze, T., Tjallingii, S.P., Van de Ven, F.H.M. (2008) Every Drop Counts: Environmentally Sound Technologies for Urban and Domestic Water Use Efficiency. Deflit University of Technology and UN Environmental Programme. Nairobi. http://www.unep.or.jp/letc/Publications/Water_Sanitation/EveryDropCounts/Contents/EveryDropCounts_Sourcebook_final_web.pdf
182. Fanner, P., Sturm, R., Thornton, J., Liemberger, R., Davis, S., et Hoogerwerf, T. (2008) Leakage Management Technologies. AwwaRF Report 91180. IWA Publishing. Londres. <http://www.iwapublishing.com/template.cfm?name=isbn9781843398134>
183. Pilcher, R. (2003) Leak Detection Practices and Techniques: A Practical Approach. Water21. IWA Water Loss Task Force, décembre 2003. pp. 44-45. www.iwapublishing.com/pdf/ACF1B18.pdf
184. Smith, L.A., K.A. Fields, A.S.C. Chen, et A.N. Tafuri (2000) Options for Leak and Break Detection and Repair of Drinking Water Systems. Battelle Press. Columbus, Ohio.
185. Hunaidi, O. (2000) Leak Detection Methods for Plastic Water Distribution Pipes. AWWA Research Foundation and NRC Canada. Consulté en ligne le 1er décembre 2010. <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/projects/irc/leak-detection.html>
186. Hunaidi, O. Chu, W.T. (1999) Acoustical characteristics of leak signals in plastic water distribution pipes. Applied Acoustics. Vol. 58:235-254. <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc42673.pdf>
187. Moe, C.L and Rheingans, R.D. (2006) Global challenges in water, sanitation and health. Journal of Water and Health. Vol. 04 Suppl.:41-57. <http://www.ipwr.org/documents/004S041.pdf>
188. IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report.
189. USEPA (2010) Saving Water Saves Energy. Document EPA-832-K-08-001. <http://www.epa.gov/WaterSense/docs/drops-to-watts508.pdf>
190. Zhou, Y. et Tol, R.S.J. (2005) Water Use in China's Domestic, Industrial and Agricultural Sectors: An Empirical Analysis. Working paper FNU-67. University of Hamburg: Research Unit Sustainability and Global Change. https://www.fnu.zmaw.de/fileadmin/fnu-files/publication/working-papers/WD_ZhouFNU67.pdf
191. Gleick, P.H., Chalecki, E.L., et Wong, A. (2002) Measuring Water Well-Being: Water Indicators and Indices. Dans : "The world's water, 2002-2003: the biennial report on freshwater resources" Ed. Gleick, P.H. Island Press. Washington, DC.

192. Georgia Environmental Protection Division (2007) Water Leak Detection and Repair Program: EPD Guidance Document. Consulté en ligne le 1er décembre 2010 http://www1.gadnr.org/cws/Documents/Leak_Detection_and_Repair.pdf
193. Mistry, P. (no date) Pressure Management To Reduce Water Demand & Leakage. Consulté en ligne le 1er décembre 2010. <http://www.findmoreleaks.com/downloads/Pressure%20to%20Reduce%20Water%20Demand.pdf>
194. Shin, E., Park, H., Park, C. et Hyun, I. (2005) A Case Study of Leakage Management in the City of Busan, Korea. Leakage 2005 - Conference Proceedings. <http://waterloss2007.com/Leakage2005.com/pdf/A%20Case%20Study%20of%20Leakage%20Management%20in%20the%20City%20of%20Busan,%20Korea.pdf>
195. Stampolidis, A., Soupios, P., Vallianatos, F. et Tsokas, G.N. (2003) Detection of Leaks In Buried Plastic Water Distribution Pipes In Urban Places - A Case Study. 2nd International Workshop on Advanced GPR, 14-16 mai 2003, Delft The Netherlands. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1207303&userType=inst>
196. Moriarty, P. et Schouten, T. (2003) Community Water, Community Management: from system to service in rural areas. ITDG Publishing. Londres.
197. Whittington, D., Davis, J., Prokopy, L., Komives, K., Thorsten, R., Bakalian, A., et Wakeman, W. (2009) How well is the demand-driven, community management model for rural water supply systems doing? Evidence from Bolivia, Peru, and Ghana. *Water Policy* Vol. 11:696-718.
198. Bakalian, A. et Wakeman, W. (Éd.) (2009) Post-Construction Support and Sustainability in Community-Managed Rural Water Supply: Case Studies in Peru, Bolivia, and Ghana. World Bank—Netherlands Water Partnership. http://www-wds.worldbank.org/external/default/main?pagePK=64193027&piPK=64187937&theSitePK=523679&menuPK=64187510&searchMenuPK=64187511&cid=3001&entityID=000333037_20090603002655
199. Davis, J., Lukacs, H., Jeuland, M., Alvestegui, A., Soto, B., Lizarraga, B., Bakalian, A., et Wakeman, W. (2008) "Sustaining the benefits of rural water supply investments: Experience from Cochabamba and Chuquisaca, Bolivia." *Water Resources Research*. Vol. 44:W12427.
200. WaterAid (2001) Looking back: The long-term impacts of water and sanitation projects. Londres. <http://www.wateraid.org/documents/lookingback.pdf>
201. Lockwood, H. (2002) "Institutional Support for Community-managed Rural Water Supply and Sanitation Systems in Latin America." Strategic Report 6, Environmental Health Project, Office of Health, Infectious Diseases and Nutrition, Bureau of Global Health. United States Agency for International Development. Washington, DC: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACR786.pdf
202. Komives, K., Davis, J., Lukacs, H., Prokopy, L., Bakalian, A., Wakeman, W., Thorsten, R., et Whittington, D. (2009) The Effect of Post-Construction Support on the Sustainability of Rural Water Systems. Diapositives de présentation disponibles sur le site Internet de la Banque Mondiale http://siteresources.worldbank.org/EXTWAT/Resources/4602122-1213366294492/5106220-1213649450319/3.5.1_The_EffectofPost_Construction_Support_on_the_Sustainability_of_Rural_Water_Systems.pdf
203. Bartram, J. (1999) Effective monitoring of small drinking water supplies. In *Providing Safe Drinking Water in Small Systems*. Éd. J.A. Cotruvo, G.F. Craun et N. Hearne. Lewis Publishers. Washington, DC. pp. 353- 365.
204. Holden, R.M.L. (1999) Circuit rider training program in first nation communities. In *Providing Safe Drinking Water in Small Systems*. Éd. J.A. Cotruvo, G.F. Craun et N. Hearne. Lewis Publishers. Washington, DC. pp. 513- 521.
205. Howard, G., Godfrey, S., et Boonyakarnkul, T. (2006) Sanitary completion of protection works around groundwater sources. In "Protecting Groundwater for Health" Éd. Schmool, O., Howard, G., Chilton, J. & Chorus, I. International Water Association. Londres. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd59/protecting/sect4-18.pdf>

206. WHO/UNICEF (2010). Progress on sanitation and drinking-water: 2010 update. Genève, World Health Organization; New York, WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. <http://www.wssinfo.org/>
207. WHO and DFID (2010) "Vision 2030: The Resilience of Water Supply and Sanitation in the Face of Climate Change." World Health Organization. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/9789241598422/en/index.html
208. Fragano, F., Linares, C., Lockwood, H., Rivera, D., Trevett, A., et Yepes, G. (2001) Case Studies on Decentralization of Water Supply and Sanitation Services in Latin America. Ed. By F. Rosensweig. Strategic Paper 1, Environmental Health Project, Office of Health, Infectious Diseases and Nutrition, Bureau of Global Health. United States Agency for International Development. Washington, DC. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnack672.pdf
209. Pacey, A. et Cullis, A. (1986) Rainwater Harvesting: The collection of rainfall and runoff in rural areas. Intermediate Technology Publications. Londres.
210. Liebe, J., Andreini, M., Van De Giesen, N., et Steenhuis, T. (2007) The Small Reservoirs Project: Research to Improve Water Availability and Economic Development in Rural Semi-arid Areas, In: Kittisou, M., M. Ndulo, M. Nagel, et M. Grieco (eds). The Hydropolitics of Africa: A Contemporary Challenge. Cambridge Scholars Publishing, 2007. <http://smallreservoirs.org/full/publications/reports/Q12-TUD-SRP-Hydropolitics-07.pdf>
211. Critchley, W. et Siegert, K. (1991) A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. <http://www.fao.org/docrep/u3160e/u3160e07.htm>
212. Liebe, J., Van De Giesen, N. et Andreini, M. (2005) Estimation of small reservoir storage capacities in a semi-arid environment: A case study in the Upper East Region of Ghana. Physics and Chemistry of the Earth Vol. 30:448-454.
213. Udawattage, U.D.S. (1985) The Development of Micro-Catchments In Sri Lanka. Journal of Hydrology. Vol. 80:351-359.
214. Stiefel, J.M., Melesse, A.M., McClain, M.E., Price, R.M., Anderson, E.P., et Chauhan, N.K. (2009) Effects of rainwater-harvesting-induced artificial recharge on the groundwater of wells in Rajasthan, India. Hydrogeology Journal Vol. 17: 2061–2073.
215. Sayana, V.B.M., Arunbabu, E., Mahesh Kumar, L., Ravichandran, S., et Karunakaran, K. (2010) Groundwater responses to artificial recharge of rainwater in Chennai, India: a case study in an educational institution campus. Indian Journal of Science and Technology. Vol. 3:124-130.
216. WaterAid (2006) "Technology notes."
217. Foster, S. et Tuinof, A. (2004) Brazil, Kenya: Subsurface Dams to Augment Groundwater Storage in Basement Terrain for Human Subsistence. The World Bank. GW-MATE Case Profile Collection. Washington, DC. http://siteresources.worldbank.org/EXTWAT/Resources/4602122-1210186345144/GWMATE_English_CP_05.pdf
218. Cobbina, S. J. , Anyidoho, L.Y., Nyame, F. And Hodgson, I.O.A. (2010) Water quality status of dugouts from five districts in Northern Ghana: implications for sustainable water resources management in a water stressed tropical savannah environment. Environ Monit Assess. Vol. 167:405-416.
219. IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report.
220. Nicholls, N. et Wong, K.K. (1990) "Dependence of Rainfall Variability on Mean Rainfall, Latitude, and the Southern Oscillation." Journal of Climate. Vol. 3:163-170.
221. Gleick, P.H. (2002) "The world's water, 2002-2003: the biennial report on freshwater resources." Island Press. Washington.

222. Rockstrom, J., Barron, J. et Fox, P. (2002) Rainwater management for increased productivity among small-holder farmers in drought prone environments. *Physics and Chemistry of the Earth*. Vol. 27:949-959.
223. Ngigi, S. N. (2003) What is the limit of up-scaling rainwater harvesting in a river basin? *Physics and Chemistry of the Earth*. Vol. 28:943-956.
224. Munamati, M., Senzanje, A., Sawunyama, T., Mhizha, A., Rodrigues, L.N., Weschenfelder, R., Passo, D. P., da Silva, A. N. (2010) Small Reservoir Capacity Estimation. Consulté en ligne le 29 novembre 2010. http://www.smallreservoirs.org/full/toolkit/docs/11a%2003%20Reservoirs%20capacity%20estimation_NMA.pdf
225. Munamati, M. et Senzanje, A. (2007) Dimensions of stakeholder interactions in small reservoir development and management in Zimbabwe. Paper presented at the 8th Waternet/ Warfsa/ GWP Symposium, Lusaka, 31 octobre – 2 novembre 2007. <http://bscw.ihe.nl/pub/bscw.cgi/d2607306/Senzanje-Munamati.pdf>
226. Gupta, R. (2006) Tamil Nadu's tank rehab scheme does not hold water. Published 3 juin 2006. Consulté en ligne le 30 novembre 2010. http://www.worldproutassembly.org/archives/2006/06/tamil_nadus_tan.html
227. Whittington, D., Davis, J., Prokopy, L., Komives, K., Thorsten, R., Bakalian, A., et Wakeman, W. (2009) How well is the demand-driven, community management model for rural water supply systems doing? Evidence from Bolivia, Peru, and Ghana. *Water Policy* Vol. 11:696-718.
228. Alsdorf, D.E., Melack, J.M., Dunne, T., Mertes, L.A., Hess, L.L. et Smith, L.C. (2000) Interferometric radar measurements of water level changes on the Amazon flood plain. *Nature*. Vol. 404:174-177.
229. Alsdorf, D.E. et Lettenmaier, D.P. (2003) Tracking Fresh Water from Space. *Science*. Vol. 301:1491-1493.
230. Van de Giesen, N., Kunstmann, H., Jung, G., Liebe, J., Andreini, M., Vlek, P.L.G., (2002) The GLOWA-Volta project: integrated assessment of feedback mechanisms between climate, landuse, and hydrology. *Adv. Global Change Res.* Vol. 10:151–170.
231. UN-HABITAT (2005) "Rainwater Harvesting and Utilisation. Blue Drop Series Book 3: Project Managers & Implementing Agencies" Nairobi.
232. Thomas, T. (2003) "Domestic Roofwater Harvesting In the Tropics: The State Of The Art" XI IRCSEA Conference Proceedings. http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/research/dtu/pubs/reviewed/rwh/tht_ircsa_2003/thomas.pdf
233. Thomas, T. (2002) "Domestic Water Supply using Runoff from the Roofs of Institutional Buildings" University of Warwick—Development Technology Unit. <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/research/dtu/pubs/rn/rwh/rnrwh05/rn-rwh05.pdf>
234. Martinson, D.B. et Thomas, T. (2005) Quantifying the first flush phenomenon. In: 12th International Rainwater Catchment Systems Conference, Nov 2005, New Delhi, Inde.
235. Thomas, T.H. et Martinson, D.B. (2007) "Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners" IRC International Water and Sanitation Centre. Technical Paper Series; no. 49. Delft, The Netherlands Available from <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/Roofwater/content.pdf>
236. Sayana, V.B.M., E. Arunbabu, L. Mahesh Kumar, S. Ravichandran et K. Karunakaran (2010) Groundwater responses to artificial recharge of rainwater in Chennai, India: a case study in an educational institution campus. *Indian Journal of Science and Technology* Vol. 3:124-130.
237. WHO et DFID (2010) "Vision 2030: The Resilience of Water Supply and Sanitation in the Face of Climate Change." http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/9789241598422_cdrom/en/index.html
238. Cole, M.A. (2004) "Economic growth and water use" *Applied Economics Letters*. Vol. 11:1-4.
239. Gleick, P. (2000) "A Look at Twenty-first Century Water Resources Development" *Water International*. Vol. 25(1):127-138.

240. UNEP (2004) "Freshwater in Europe - Facts, Figures and Maps" Rome. http://www.grid.unep.ch/product/publication/freshwater_europe.php
241. Gleick, P.H. (2002) "The world's water, 2002-2003: the biennial report on freshwater resources." Island Press. Washington.
242. United Nations Environmental Programme-DTIE-EITC/ Sumida City Government/People for Promoting Rainwater Utilisation. (2002) "Rainwater Harvesting and Utilisation An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management: An Introductory Guide for Decision-Makers" <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/index.asp>
243. Waterfall, P.H. (2006) "Harvesting Rainwater for Landscape Use" Deuxième Edition. University of Arizona <http://cals.arizona.edu/pubs/water/az1344.pdf>
244. International Association of Plumbing et Mechanical Officials (2010) "California Plumbing Code" <http://www.iapmo.org/Pages/californiaplumbingcode.aspx>
245. Nolde, E. (no date) Regulatory framework and standards for rainwater harvesting and greywater recycling. Germany. Consulté en ligne le 15 octobre 2010. <http://www.medawater-rmsu.org/archive/projects/ZER0-M%20project/reports/15%20Water%20regulations/Standards%20and%20Regulatory%20Framework.pdf>
246. University of Warwick Development Technology Unit (2010) Rainwater Harvesting. Warwick, RU. <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/research/dtu/pubs/rwh/>
247. University of Warwick Development Technology Unit (2010) Rainwater Harvesting Case Studies. Warwick, RU <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/research/dtu/pubs/rn/rwh/cs01/>
248. Vishwanath, S. (no date) "Rainwater Harvesting in an Urban Context: Case Study of Bangalore City, India" Consulté en ligne le 15 octobre 2010: <http://www.rainwater-toolkit.net/fileadmin/rwh-material/documents/VISH.pdf>
249. Haarhoff, J. et Van der Merwe, B. (1996). Twenty-five years of wastewater reclamation in Windhoek, Namibia. *Water Sci. Technol.* 33(10-11):25-35.
250. UNEP et Global Environment Centre Foundation (GEC). (2004). *Water and Wastewater Reuse: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management*. Disponible en ligne: http://www.unep.org/publications/search/pub_details_s.asp?ID=3596
251. Asano, T., Burton, F.L., Leverenz, H.L., Tsuchihashi, R. et Tchobanoglous, G. (2007). "Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications." McGraw Hill. New York.
252. USEPA (2004) "Water Reuse Guidelines." EPA/625/R-04/108. Washington. Disponible en ligne : <http://www.epa.gov/ord/NRMRL/pubs/625r04108/625r04108.htm>
253. World Health Organization (WHO). (2006). "Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Grey Water, volume 2: Wastewater Use in Agriculture." Genève, Suisse. http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546832_eng.pdf Consulté en ligne le 3 février 2011.
254. Jimenez, B. et Asano, T. (2008). "Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Need." IWA Publishing. Genève, Suisse.
255. Okun, D. (2000). Water Reclamation and Unrestricted Nonpotable Reuse: A New Tool in Urban Water Management. *Annu. Rev. Public Health.* 21:223-45.
256. Anderson, J. (2003). The environmental benefits of water recycling and reuse. *Water Science and Technology: Water Supply.* 3(4):1-10.
257. IPCC (2007) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Parry, Martin L., Canziani, Osvaldo F., Palutikof, Jean P., van der Linden, Paul J., et Hanson, Clair E. (éd.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 1000 pp. Cité dans USEPA (2007).

258. US Environmental Protection Agency (US EPA) (1998), Water Recycling and Reuse: The Environmental Benefits, EPA909-F-98-001, Washington, D.C., USA.
259. Takizawa, S. (2001). Water reuse by a natural filtration system in a Vietnamese rural community. *Water Lines*. 19:2-5.
260. Kurian J., et C. Visvanathan. (2001). Sewage Reclamation Meets Industrial Water Demands in Chennai. *Water Lines*. 19(4):6-9.
261. United Nations Environment Programme (UNEP). (2002). Capacity Building for Sustainable Development: An Overview of UNEP Environmental Capacity Development Activities. Division of Environmental Policy Implementation (DEPI). Kenya.
262. Po, M., Kaercher, J., et Nancarrow, B. (2003). Literature Review of Factors Influencing Public Perceptions of Water Reuse. Australian Commonwealth Scientific and Research Organization (CSIRO). Technical Report 54/03. Disponible en ligne: <http://www.clw.csiro.au/publications/technical2003/tr54-03.pdf>
263. United Nations Environmental Programme (UNEP). (1996). Life Cycle Assessment: What It Is and How to Do It. Division of Technology, Industry and Economics (DTIE). Paris.
264. Yamagata, H., Ogoshi, M., Suzuki, Y., Ozaki, M., et Asano, T. (2003) On-site Water Recycling Systems in Japan. *Water Science and Technology: Water Supply*, 3(3):149-154.
265. Pahl-Wostl, C., Downing, T., Kabat, P., Magnuszewski, P., Meigh, J., Schuter, M., Sendzimir, J., Werners, S. (2005). Transition to adaptive water management: The NeWater project. Osnabruck, Germany, Institute of Environmental Systems Research, University of Osnabruck. pp 19. (NeWater Working Paper 1, New approaches to adaptive water management under uncertainty). Disponible en ligne: <http://nora.nerc.ac.uk/1018/>
266. National Research Council. 1994. Groundwater Recharge: Using Waters of Impaired Quality. Washington, DC: Natl. Acad. Press. pp. 283.
267. National Research Council. 1996. Use of Reclaimed Water and Sludge in Food Crop Production. Washington, DC: Natl. Acad. Press. pp. 178.
268. National Research Council. 1998. Issues in Potable Reuse: the Viability of Augmenting Drinking Water Supplies with Reclaimed Water. Washington, DC: Natl. Acad. Press. pp. 263.
269. Mantovani, P., Asano, T., Chang, A. et Okun, D.A. 2001. "Management Practices for Nonpotable Water Reuse." WERF, Project Report 97-IRM-6, ISBN: 1-893664-15-5.
270. World Health Organization (WHO). (2008). Guidelines for drinking-water quality. Troisième édition. Genève, Suisse: WHO. Disponible en ligne : http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/ Consulté en ligne le 28 novembre 2010.
271. Godfrey, S. and G. Howard. (2004). Water Safety Plans for Urban Piped Water Supplies in Developing Countries. WEDC, Loughborough University, RU. Disponible en ligne: <http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/CasosEstudiosPSA/WSPDevelopingCountries.pdf> Consulté en ligne le 29 novembre 2010.
272. Water Safety Plans. (2010) U.S. Center for Disease Control and Prevention. Disponible en ligne <http://www.cdc.gov/nceh/ehs/gwash/wsp.htm> Consulté en ligne le 26 novembre 2010.
273. Davison, A., G. Howard, M. Stevens, P. Callan, L. Fewtrell, D. Deere, J. Bartram. (2005). Water Safety Plans: Managing drinking-water quality from catchment to consumer. World Health Organization. Genève. Disponible en ligne http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/wsp0506/en/index.html Consulté en ligne le 25 novembre 2010.
274. LeChevalier, M. et K. Au. (2004). Water Treatment and Pathogen Control: Process Efficiency in Achieving Safe Drinking Water. WHO and IWA, Genève. Disponible en ligne : <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/watreatpath.pdf> Consulté en ligne le 28 novembre 2010.

275. Schmoll, O., G. Howard, I. Chorus, J. Chilton (ed). (2006). Protecting groundwater for health: a guide to managing the quality of drinking-water sources. WHO and IWA, Genève. Disponible en ligne http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/Manuales_Guias_LibrosDW/ProteccionAguaSubterraneaSalud/PGWsection1.pdf Consulté en ligne le 28 novembre 2010.
276. Dufour, A., M. Snozzi, W. Koster, J. Bartram, E. Ronchi, L. Fewtrell (ed). (2003). Assessing microbial safety of drinking-water: Improving approaches and methods. WHO and IWA, Genève. Disponible en ligne <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/who3/assess.pdf> Consulté en ligne le 28 novembre 2010.
277. Sobsey, M. (2002). Managing water in the home: accelerated health gains from improved water supply. WHO, Genève. Disponible en ligne <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/who/sobs.pdf> Consulté en ligne le 28 novembre 2010.
278. Ainsworth, R (ed). (2004). Safe Piped Water: Managing Microbial Water Quality in Piped Distribution Systems. WHO and IWA, Genève. Disponible en ligne <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/safepiped.pdf> Consulté en ligne le 28 novembre 2010.
279. Bartram, J., J. Cotruvo, M. Exner, C. Fricker, A. Glasmacher (ed). (2004). Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and human health. International Journal of Food Microbiology, 92(3):241-247.
280. Thompson, T., F. Fawell, S. Kunikane, D. Jackson, S. Appleyard, P. Callan, J. Bartram, P. Kingston (ed). (2007). Chemical safety of drinking-water: assessing priorities for risk management. WHO, Genève.
281. U.S. Environmental Protection Agency. (2008). Water Safety Plans for Municipal Drinking Water Systems. Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) Plan for the Source, Treatment and Distribution of Drinking Water in Canada - Guidance Document.
282. Canadian Water et Wastewater Association (2005) Canadian Guidance Document for Managing Drinking Water Systems A Risk Assessment / Risk Management Approach. Health Canada. Ottawa. Disponible en ligne http://www.cwwa.ca/pdf_files/Haccp%20report.pdf Consulté en ligne le 26 novembre 2010.
283. Bartram, J., L. Corrales, A. Davison, D. Deere, D. Drury, B. Gordon, G. Howard, A. Rinehold, M. Stevens. (2009). Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. World Health Organization. Genève. Disponible en ligne http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/WSP/en/index.html Consulté en ligne le 26 novembre 2010.
284. IPCC (2007) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.
285. Prüss, A., D. Kay, L. Fewtrell, J. Bartram. (2002). Estimating the burden of disease from water, sanitation and hygiene at a global level. Environ Health Perspect. 110(5):537–542. Disponible en ligne : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1240845/> Consulté en ligne le 29 novembre 2010.
286. Latin America and Caribbean Water Safety Plan Network. Pan American Health Organization (PAHO), U.S. Center for Disease Control and Prevention (CDC) and United States Environmental Protection Agency (EPA) (2010) Disponible en ligne : http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/red_lac_psa/documentostecnicos/docteceng.html Consulté en ligne le 26 novembre 2010.
287. Melbourne Water (2003) Drinking Water QMS. HACCP/ISO 9001 Quality Manual. Melbourne Water, Melbourne.
288. Godfrey, S., C. Niwagaba, G. Howard, S. Tibatemwa, (2003). Water Safety Plans for Utilities in Developing Countries - A case study from Kampala, Uganda. WEDC, Loughborough University. Disponible en ligne : <http://www.lboro.ac.uk/watermark/WEJX7/case-study-annexes.pdf> Consulté en ligne le 12 janvier 2011.
289. WSPortal. World Health Organization and International Water Association. Disponible en ligne : <http://www.who.int/wspportal/en/> Consulté en ligne le 25 novembre 2010.

290. Calow, R.C., Robins, N.S., Macdonald, A.M., Macdonald, D.M.J., Gibbs, B.R., Orpen, W.R.G., Mtembezeka, P., Andrews, A.J., et Appiah, S.O. (1997) Groundwater management in drought prone areas of Africa. *Water Resources Development* Vol. 13:241-261.
291. Moss, S. (2003) "Re-evaluating emergency water supply in complex droughts in Africa" Towards the Millennium Development Goals. 29th WEDC Conference Proceedings. http://wedc.lboro.ac.uk/knowledge/conference_papers.html?cid=29
292. Welle, K. (2005) WaterAid learning for advocacy and good practice. WaterAid water point mapping in Malawi and Tanzania. WaterAid. Londres. http://www.wateraid.org/documents/plugin_documents/malawi_tanzania.pdf
293. Karagiannis, I.C. et Soldatos, P.G. (2008) Water desalination cost literature: review and assessment. *Desalination* Vol. 223:448-456.
294. World Bank (2005) Trends in the Desalination Market in the Middle East and Central Asia (Project #012). Bank-Netherlands Water Project. <http://siteresources.worldbank.org/INTWSS/Resources/Activity12.pdf> Consulté en ligne le 9 novembre 2010.
295. DHV Water BV, the Netherlands, et BRL Ingénierie (2004) Seawater and Brackish Water Desalination in the Middle East, North Africa and Central Asia: A Review of Key issues and Experience in Six Countries. Report for the World Bank. http://siteresources.worldbank.org/INTWSS/Resources/Desal_mainreport-Final2.pdf Consulté en ligne le 9 novembre 2010.
296. RBF Consulting (2009) Camp Pendleton Sea Water Desalination Project Feasibility Study. San Diego County Water Authority. San Diego, USA. http://sdcwa.org/sites/default/files/files/vol1-desal-feasibility-dec09_final.pdf
297. Pretner, A. et Iannelli, M. (2002) Feasibility study and assessment of the technical, administrative and financial viability of the Voltano desalination plant (Agrigento, Sicily). *Desalination*. Vol. 153:313-320.
298. Lattemann, S. et Hopner, T. (2008) Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. *Desalination*. Vol. 220:1-15.
299. WHO (2007) Desalination for Safe Water Supply: Guidance for the Health and Environmental Aspects Applicable to Desalination. Rolling Revision. World Health Organization. Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/desalination.pdf Consulté en ligne le 5 novembre 2010.
300. Clasen, T. (2009) Scaling Up Household Water Treatment Among Low-Income Populations. (WHO/HSE/WSH/09.02) World Health Organization, Genève. http://whqlibdoc.who.int/hq/2009/WHO_HSE_WSH_09.02_eng.pdf
301. WaterAid (2006) "Technology notes."
302. Reed, B. (2005) Minimum water quantity needed for domestic use in emergencies. WHO—Technical Notes for Emergencies Technical Note No. 9. World Health Organization, Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/envsan/minimumquantity.pdf
303. WHO (1996) Guidelines for Drinking Water Quality—2nd Edition. World Health Organization. Genève. Annexe 2. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol3h.pdf
304. Howard, G., Godfrey, S., et Boonyakarnkul, T. (2006) Sanitary completion of protection works around groundwater sources. In "Protecting Groundwater for Health" Éd. Schmol, O., Howard, G., Chilton, J. & Chorus, I. International Water Association. Londres. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd59/protecting/sect4-18.pdf>
305. District Administration, District Bahraich, Uttar Pradesh, India. (2010) Wat-San: Bahraich Model. <http://www.recoveryplatform.org/assets/document/Bahraich%20WASH%20case%20study.pdf>
306. Nakagawa, N., Kawamura, A., et Amaguchi, H. (2010) Analysis of Decreasing Tendency of Domestic Water Use per Capita in Tokyo. Conference Proceedings of BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia – 25 - 29 mai 2010. http://www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-1444.pdf

307. USEPA (2002) Cases in Water Conservation: How Efficiency Programs Help Water Utilities Save Water and Avoid Costs. Document EPA-832-B-02-003. http://www.epa.gov/WaterSense/docs/utilityconservation_508.pdf
308. European Commission (2009) Study on Water Efficiency Standards. Reference: 070307/2008/5208889/ETU/D2. http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/Water%20efficiency%20standards_Study2009.pdf
309. USEPA (2010) How a Product Earns the ENERGY STAR Label. Site Internet de l'USEPA consulté en ligne le 8 janvier 2011. http://www.energystar.gov/index.cfm?c=products.pr_how_earn
310. Farley, M. (2001) Leakage management and control: A Best Practice Training Manual. World Health Organization. Genève. http://whqlibdoc.who.int/hq/2001/WHO_SDE_WSH_01.1_eng.pdf
311. USEPA (2009) Pipe Leak Detection Technology Development. EPA/600/F-09/019 <http://www.epa.gov/awil/pdf/600f09019.pdf>
312. Maryland Department of the Environment (2002) Water Supply Program: Water Audit Guidance. Consulté en ligne le 1er décembre 2010. http://www.mde.state.md.us/programs/Water/Water_Supply/Documents/www.mde.state.md.us/assets/document/water_cons/Water_Audit_guidance.PDF
313. CLA-VAL (2008) Pressure management solutions. Harper International. Newport Beach, CA, USA. http://www.solutionsbyharper.com/uploads/B-Pressure_Management_Solutions.pdf
314. Correlje, A.F., de Graaf, R.E., Ryu, M., Schuetze, T., Tjallingii, S.P., Van de Ven, F.H.M. (2008) Every Drop Counts: Environmentally Sound Technologies for Urban and Domestic Water Use Efficiency. Delft University of Technology and UN Environmental Programme. Nairobi. http://www.unep.or.jp/letc/Publications/Water_Sanitation/EveryDropCounts/Contents/EveryDropCounts_Sourcebook_final_web.pdf
315. Lockwood, H. (2002) "Institutional Support for Community-managed Rural Water Supply and Sanitation Systems in Latin America." Strategic Report 6, Environmental Health Project, Office of Health, Infectious Diseases and Nutrition, Bureau of Global Health. United States Agency for International Development. Washington, DC: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACR786.pdf
316. Pacey, A. et Cullis, A. (1986) Rainwater Harvesting: The collection of rainfall and runoff in rural areas. Intermediate Technology Publications. Londres.
317. Liebe, J., Andreini, M., Van De Giesen, N., et Steenhuis, T. (2007) The Small Reservoirs Project: Research to Improve Water Availability and Economic Development in Rural Semi-arid Areas, In: Kittisou, M., M. Ndulo, M. Nagel, et M. Grieco (eds). The Hydropolitics of Africa: A Contemporary Challenge. Cambridge Scholars Publishing, 2007. <http://smallreservoirs.org/full/publications/reports/Q12-TUD-SRP-Hydropolitics-07.pdf>
318. Ngigi, S.N. (2003) What is the limit of up-scaling rainwater harvesting in a river basin? Physics and Chemistry of the Earth. Vol. 28:943-956.
319. Munamati, M. et Senzanje, A. (2007) Dimensions of stakeholder interactions in small reservoir development and management in Zimbabwe. Paper presented at the 8th Waternet/ Warfisa/ GWP Symposium, Lusaka, 31 octobre - 2 novembre 2007. <http://bscw.ihe.nl/pub/bscw.cgi/d2607306/Senzanje-Munamati.pdf>
320. Gupta, R. (2006) Tamil Nadu's tank rehab scheme does not hold water. Published 3 juin 2006. Consulté en ligne le 30 novembre 2010. http://www.worldproutassembly.org/archives/2006/06/tamil_nadus_tan.html
321. Thomas, T.H. et Martinson, D.B. (2007) "Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners" IRC International Water and Sanitation Centre. Technical Paper Series; no. 49. Delft, Pays-Bas. Disponible en ligne: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/Roofwater/content.pdf>
322. USEPA. (2004). "Water Reuse Guidelines."
323. Asano, T., Burton, F.L., Leverenz, H.L., Tsuchihashi, R. et Tchobanoglous, G. (2007). "Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications." McGraw Hill. New York.

324. Po, M., Kaercher, J., et Nancarrow, B. (2003). Literature Review of Factors Influencing Public Perceptions of Water Reuse. Australian Commonwealth Scientific and Research Organization (CSIRO). Technical Report 54/03. Disponible en ligne: <http://www.clw.csiro.au/publications/technical2003/tr54-03.pdf>.
325. UNEP et Global Environment Centre Foundation (GEC). (2004). Water and Wastewater Reuse: An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management. Disponible en ligne : http://www.unep.org/publications/search/pub_details_s.asp?ID=3596
326. World Health Organization (WHO). (2008). Guidelines for drinking-water quality. Third Ed. Genève, Suisse: WHO. Available online at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/ Consulté en ligne le 28 novembre 2010.
327. Bartram, J., L. Corrales, A. Davison, D. Deere, D. Drury, B. Gordon, G. Howard, A. Rinehold, M. Stevens. (2009). Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. World Health Organization. Genève. Disponible en ligne : http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/WSP/en/index.html Consulté en ligne le 26 novembre 2010.
328. WHO (2011) Water Safety Plan Quality Assurance Tool. World Health Organization and International Water Association. Disponible en ligne : http://www.wspportal.org/templates/ld_templates/layout_1367.aspx?ObjectId=206886&lang=eng Consulté en ligne le 18 janvier 2011.
329. Davison, A., G. Howard, M. Stevens, P. Callan, L. Fewtrell, D. Deere, J. Bartram. (2005). Water Safety Plans: Managing drinking-water quality from catchment to consumer. World Health Organization. Genève. Disponible en ligne : http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/wsp0506/en/index.html Consulté en ligne le 25 novembre 2010.
330. Godfrey, S. and G. Howard. (2004). Water Safety Plans for Urban Piped Water Supplies in Developing Countries. WEDC, Loughborough University, RU. Disponible en ligne : <http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/CasosEstudiosPSA/WSPDevelopingCountries.pdf> Consulté en ligne le 29 novembre 2010.
331. Kundzewicz, Z.W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. Oki, Z. Sen et I.A. Shiklomanov (2007) Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson, Éd., Cambridge University Press, Cambridge, RU, 173-210.
332. Pachauri, R. (2010) Opening of the 16th session of the Conference of the Parties (COP 16) Cancun - Mexique, le 29 novembre 2010.
333. UNFCCC (2002) The Delhi Ministerial Declaration on Climate Change and Sustainable Development.

Annexe I : Glossaire

Adduction – Se référant à un système d'appareils et de tuyaux utilisés pour diriger l'écoulement de l'eau à partir d'un emplacement de captage ou de stockage vers une autre destination (par exemple, les gouttières et les tuyaux utilisés pour conduire l'eau de pluie collectée à partir d'un toit dans un réservoir de stockage)

Audit de l'eau – dans le système de distribution d'eau courante, constitue le processus de suivi systématique des apports en eau, du débit à travers tout le système de distribution et de l'utilisation de la clientèle, au cours d'une période d'étiage (la nuit) afin de quantifier les pertes et identifier les zones ayant beaucoup de fuites

Accroissement – La pratique qui consiste à compléter un approvisionnement existant d'eau par une source secondaire

Bassin – une surface, naturelle ou construite par l'homme, où l'eau des précipitations tombe

Bassin hydrologique – Un bassin géographique dans lequel l'eau de surface des précipitations est conduit à un point de sortie unique, où elle rejoint généralement une rivière, un lac, un réservoir, un estuaire, des marais, la mer ou un océan (autres termes: bassin de drainage, bassin hydrographique, zone de drainage, bassin de rivière, bassin d'eau, bassins versants ; voir aussi: Bassin versant)

Bassin versant – L'ensemble de la zone géographique où les précipitations sont drainées vers une masse d'eau donnée (voir aussi: Bassin hydrologique)

Casing – Une paroi rigide, généralement fabriquée à partir de PVC, métal ou matériau similaire, qui empêche l'effondrement d'un puits tubulaire ou d'un forage. Ceux-ci sont souvent « percés » afin de permettre que l'eau s'écoule dans le casing.

Chaîne d'approvisionnement en eau – Les différents moyens par lesquels l'eau parvient au consommateur, y compris le bassin versant, le transport, le traitement et la distribution. Une évaluation des dangers potentiels à chaque élément de la chaîne d'approvisionnement en eau constitue une phase essentielle des plans de salubrité de l'eau (WSP).

Coagulant – Produit chimique ajouté à l'eau afin de conditionner la matière suspendue, colloïdale, et dissoute pour atteindre l'agrégation, la précipitation et l'élimination, grâce à la sédimentation par gravité et/ou par la filtration (autre terme : floculant)

Concentré – Une solution d'eau à concentration élevée en ions et autres composants qui ont été conservés dans un procédé de traitement membranaire après que la fraction « pure » ait été traitée et ait traversé la membrane (substitution termes de substitution: rétentat, eau rejetée, saumure)

Conductivité – La capacité de l'eau à transmettre à une charge électrique qui augmente avec le processus de dissolution des espèces ioniques dans l'eau (voir aussi: Teneur totale en particules solides dissoutes, salinité)

Consommation non autorisée – Le prélèvement intentionnel d'eau, non approuvé par les autorités du secteur de l'eau, à partir d'un système de distribution municipale. Par exemple, les raccordements illégaux ou l'utilisation d'eau des bouches d'incendie à des fins domestiques.

Courbe Environnementale de Kuznets (EKC) – Une courbe qui illustre la relation théorique entre le revenu par habitant et l'utilisation des ressources naturelles et/ou l'émission de déchets sous la forme d'un U à l'envers: l'utilisation des ressources naturelles et/ou l'émission de déchets augmente avec le revenu pour les revenus relativement faibles, puis commence à diminuer suivant l'augmentation des revenus puisque plus de ressources sont alors destinées à la préservation et la qualité de l'environnement.

Crue – Une inondation temporaire qui s'étend sur des sols qui ne sont habituellement pas recouverts d'eau

Dessalement – Pratique qui consiste à enlever les solides dissous de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre en utilisant une membrane, des procédés thermiques ou d'autres traitements (autres termes possibles: désalinisation, dessalage)

Digue – Un remblai ou un mur fabriqué afin de diriger ou retenir l'écoulement de l'eau

Dispositif de plomberie – Une vanne ou un accessoire qui contrôle la sortie de l'eau des tuyaux d'une maison ou d'un système de distribution municipal sans alimentation électrique (par exemple, un robinet ou une pomme de douche)

Eau non comptabilisée (ENC) – La différence entre le volume d'entrée à un système de distribution municipal et le volume facturé dans le cadre de la consommation autorisée, cette dernière comprenant la consommation non facturée autorisée, les pertes apparentes et les pertes réelles. Dans la pratique commune, ce terme a été remplacé par « l'Eau non génératrice de revenu » (voir: Eau non génératrice de revenu)

Eau non-génératrice de revenu (NRW) – La différence entre le volume à l'entrée d'un système municipal de distribution et le volume facturé de consommation autorisée. Ce volume qui résulte de cette différence comprend la consommation autorisée non facturée, les pertes apparentes et les pertes réelles. Ce terme est venu de remplacer le terme « eau non comptabilisée » (voir également : eau non comptabilisée)

Eau purifiée – Dans le cadre du traitement membranaire, cela correspond à la fraction de l'eau qui est passé à travers la membrane (autre terme possible: perméat)

Eau recyclée – Un autre terme pour les eaux usées traitées qui peuvent être utilisées à titre d'eau potable ou non potable pour potable et/ou à des fins non potable ; ce terme est généralement considéré comme culturellement plus acceptable que le terme « eau récupérée » (voir également: recyclage de l'eau, réutilisation de l'eau)

Etang-réservoir – Une alternative au terme petit réservoir (voir aussi: Petit réservoir)

Evapotranspiration – Processus par lequel la vapeur d'eau est libérée dans l'air grâce à l'évaporation de l'eau des plans d'eau et des surfaces, et grâce à un processus de transpiration, c'est à dire l'absorption de l'eau par les plantes puis sa libération subséquente par les feuilles

Forage – Un trou étroit creusé à travers le substrat rocheux pour atteindre une zone aquifère souterraine. Les forages sont semblables aux puits tubulaires à l'exception de leur casing qui ne dépasse pas l'interface entre le sol non consolidé et le substrat rocheux. Pour être creusés, les forages nécessitent une méthode possédant une source d'alimentation externe. (voir aussi: Puits tubulaire)

Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) – Une approche systématique et intersectorielle quant aux politiques concernant le développement durable, l'attribution, et la surveillance des ressources en eau dans le cadre d'objectifs sociaux, économiques et environnementaux.

Gestion des fuites – Un ensemble de méthodes proactives visant à prioriser la détection des fuites et le contrôle de la pression du système afin de réduire les pertes d'eau liées aux fuites dans les réseaux de canalisations d'eau.

Micro bassin – Une zone avec pentes profilées et barrières, développée pour détourner ou ralentir le ruissellement de sorte qu'il puisse être stocké avant de s'évaporer ou de rejoindre un cours d'eau. Les micro-bassins versants sont souvent utilisés pour « emmagasiner » de l'eau, telles que les réserves d'humidité du sol pour l'agriculture.

Modèle de gestion communautaire axé sur la demande – Une approche de l'approvisionnement en eau en milieu rural devenue très populaire. Les caractéristiques de base des systèmes d'eau développés dans ce cadre sont les suivantes: (1) axé sur la demande des consommateurs; (2) géré par un comité de l'eau au sein de la communauté; (3) nécessite le recouvrement partiel des coûts en capital; (4) nécessite le recouvrement intégral des coûts liés aux opérations et la maintenance (O & M); (5) assure la disponibilité des pièces de rechange sur les marchés locaux ; et (6) prévoit que les femmes jouent un rôle plus important dans la prise de décision.

Niveau d'équilibre bas – Un scénario d'approvisionnement en eau dans lequel une mauvaise qualité, une mauvaise couverture et de faibles revenus nets sont le résultat d'économies importantes, et dans lequel il y a peu d'incitations auprès des nouveaux utilisateurs pour qu'ils se connectent au système.

Non potable – Se réfère à l'eau qui n'est pas propre à la consommation, ou même dangereuse si consommée, du fait qu'elle contient des contaminants physiques, chimiques ou microbiologiques.

Objectif Sanitaire – Un niveau souhaité de protection de la santé pour un scénario d'exposition donné qui peut être basé sur une mesure globale de la maladie ou sur l'absence d'une maladie spécifique

Osmose inverse (OI) – Un type de processus de traitement membranaire qui utilise une pression forte afin de surmonter la pression osmotique naturelle et ainsi séparer les constituants dissous de l'eau. L'OI est utilisée à des fins telles que le dessalement d'eau de mer ou celui de l'eau saumâtre et à l'élimination des contaminants comme la matière organique naturelle (MON) des eaux de surface ou comme la couleur présente dans les eaux souterraines (voir aussi: Traitement Membranaire)

Pénurie d'eau – un état de faible disponibilité en eau par habitant, généralement définie comme moins de 1000 m³/habitant/an (voir aussi: stress hydrique)

Pertes apparentes – Le pourcentage d'eau non génératrice de revenu dans un système de canalisations d'eau qui n'a pas de fuites. Ce pourcentage est généralement attribué à une consommation illégale ou/et à des erreurs de compteurs (voir aussi: Eau non génératrice de revenu, pertes réelles)

Pertes réelles – le volume d'eau d'un réseau physiquement perdu avant d'avoir atteint le compteur d'eau d'un consommateur, ceci dû à des débordements de réservoirs de stockage ou des fuites. Les pertes réelles représentent un pourcentage de l'eau totale non génératrice de revenu. (voir aussi: Les pertes apparentes, eau non génératrice de revenu)

Petit réservoir – Un bassin, généralement entouré de berges en terre, utilisé pour capter le débit des rivières, des ruisseaux ou autres cours d'eau naturels. Ils sont généralement utilisés par les petites communautés comme une source d'eau domestique et agricole.

Point d'utilisation (POU) – Lieu où l'eau est consommée ou utilisée pour des tâches quotidiennes. Ce terme est généralement utilisé lorsque l'on réfère au traitement de l'eau de boisson au sein des ménages.

Potable – se réfère à l'eau d'une qualité physique, chimique et microbiologique suffisante pour être propre à la consommation humaine

Premières Pluies – Les premières pluies tombées sur un toit après un orage, représentant généralement les quelques premiers mm de pluie après une période sèche. La première « tombée » contient généralement des concentrations relativement plus élevées de particules diverses, contaminants organiques et microbiologiques que les précipitations qui suivent. Ces premières précipitations

sont généralement déviées grâce à un dispositif particulier afin de ne pas les mélanger au reste de l'eau collectée.

Puits tubulaire – Un tube étroit et renforcé, ou un casing, qui descend dans une zone aquifère souterraine. Certains puits tubulaires sont installés à la main, tandis que d'autres nécessitent une source d'alimentation externe (voir aussi: Forage)

Recouvrement des coûts – En matière d'approvisionnement en eau, ce sont les services publics ou les systèmes gérés par les communautés qui recueillent assez de tarifs douaniers pour payer les opérations, la maintenance et le coût en capital (par exemple, ceux qui ne sont pas subventionnés par des sources externes)

Récupération de l'eau – Le traitement ou la transformation des eaux usées pour la rendre réutilisable avec une fiabilité de traitement définissable et répondant à des critères adéquats de qualité de l'eau

Réservoir de village – Un autre terme pour désigner un petit réservoir, souvent utilisé en Asie du Sud (voir aussi : Petit réservoir)

Réutilisation à titre d'eau non potable – L'utilisation de l'eau récupérée pour des utilisations autres que la consommation, telles que l'irrigation agricole ou la réalimentation des nappes phréatiques

Réutilisation de l'eau – L'utilisation des eaux usées traitées (ou eau récupérée) dans un but bénéfique

Réutilisation directe à titre d'eau potable – L'introduction intentionnelle de l'eau récupérée dans les systèmes de distribution ou d'autres approvisionnements destinés à la consommation humaine

Réutilisation indirecte à titre d'eau potable – L'utilisation de l'eau récupérée pour recharger les aquifères d'eau souterraine ou pour augmenter les réservoirs d'eau de surface utilisés comme sources d'approvisionnement en eau potable (contraste avec la réutilisation directe à titre d'eau potable)

Réutilisation involontaire – L'utilisation physique ou non planifiée des eaux usées traitées qui se produit à la suite de rejets d'eaux usées traitées à des sources d'eau qui sont utilisés pour l'approvisionnement en eau par les mêmes ou d'autres communautés (termes alternatifs: réutilisation accidentelle, la réutilisation non planifiée)

Réutilisation non intentionnelle – L'utilisation naturelle ou non planifiée des eaux usées traitées lors du rejet des eaux traitées usées dans les sources d'eau qui sont utilisées pour l'approvisionnement par les mêmes, ou bien d'autres, communautés (autres termes équivalent: Réutilisation accidentelle, Réutilisation non planifiée)

Ruissellement – La part des précipitations ou de la fonte des neiges qui ne s'infiltré pas dans le sol et qui ruisselle sur les sols

Salinité – La quantité totale de tous les sels dissous dans l'eau, généralement exprimée en parties par mille

Saumâtre – se référant à l'eau ayant une salinité inférieure à celle des océans mais supérieure à l'eau douce, généralement du fait que les eaux des océans et les eaux douces se mélangent au niveau des estuaires.

Sécheresse – Une condition temporaire dans un modèle climatique qui se produit en raison de faibles précipitations et/ou de forte évapotranspiration. Ceci contraste avec l'aridité qui est la condition climatique habituelle de certaines régions

Soutien Post-construction (SPC) – Une large variété de programmes qui visent à apporter un soutien financier, technique, administratif, juridique et d'O&M continu pour les systèmes d'eau gérés par la communauté.

Stress hydrique – un état de faible disponibilité en eau par habitant, généralement définie comme inférieur à 1700m³/habitant/an (voir aussi: Pénurie d'eau)

Systèmes doubles – Un réseau d'eau courante qui permet à l'eau de différentes sources d'être distribuée séparément pour différents usages (par exemple, un système de distribution qui comprend un ensemble de canalisations pour de l'eau potable de « haute qualité » et un autre pour de l'eau de moins bonne qualité destinée à l'irrigation ou à lutter contre les incendies.

Tablier – Un socle en béton qui dirige l'eau loin de la tête du puits afin d'empêcher l'eau d'être infiltrée par le haut

Tarifs douaniers – Prix attribués aux approvisionnements en eau fournis par un service public à ses clients grâce à un système de canalisations. Le tarif douanier volumétrique (coût/m³) dépend souvent de la consommation mensuelle (autre terme équivalent: tarification de l'eau)

Technologie respectueuse de l'environnement – Une technologie qui a le potentiel de générer des améliorations significatives en matière de performances environnementales par rapport aux autres technologies auxquelles elle se substitue. Par exemple, des technologies qui limitent la pollution, permettent le recyclage des déchets ou des produits, ainsi que celles qui utilisent les ressources de façon plus durable.

Teneur Totale en Particules Solides Dissoutes (TDS) – Mesure de la masse totale de solides dissous dans un volume de solution à l'exclusion des matières solides en suspension (généralement exprimée en mg/l) (voir aussi: Salinité, Conductivité)

Test sur le produit final –L'analyse de l'eau immédiatement après son passage à travers une chaîne de traitement de l'eau afin de détecter les contaminants biologiques ou chimiques

Traitement membranaire – Une technique moderne de séparation physico-chimique qui consiste à pomper l'eau jusqu'à ce qu'elle touche un matériau synthétique semi-perméable, de sorte que l'eau purifiée passe mais que les autres constituants, généralement plus grands, restent dans le flux de déchets. Les différents procédés de traitement membranaire actuellement utilisés dans le traitement de l'eau municipale comprennent, par ordre décroissant de perméabilité : la microfiltration (MF), l'ultrafiltration (UF), la nanofiltration (NF), et l'osmose inverse (OI).

Transpiration – Le processus par lequel l'eau est absorbée par les plantes (surtout par les racines) et est ensuite perdue sous forme de vapeur d'eau à travers les feuilles et autres parties des plantes (voir aussi: Evapotranspiration)

Annexes II: Sources d'Informations Supplémentaires Conseillées

Ces ressources furent sélectionnées à partir de celles citées dans les chapitres et les annexes de ce livret. Le but de cette sélection est de rassembler les ressources les plus utiles pour le panel le plus large possible de parties prenantes du secteur de l'eau. Ces publications sont rédigées de manière à être accessibles à des personnes non expertes et sont pour la majorité accessibles en ligne.

Cap-Net (2010) IWRM a Tool for Adaptation to Climate Change. Site Internet qui partage des liens à des manuels de formation et des présentations PowerPoint en anglais, espagnol, français et portugais. <http://www.cap-net.org/node/1628> Consulté en ligne le 8 février 2011.

Carter, R. (2006) Ten-step Guide Towards Cost-effective Boreholes: Case study of drilling costs in Ethiopia. World Bank Water and Sanitation Program. <http://www.rwsn.ch/documentation/skatdocumentation.2007-06-04.3136351385/file> Consulté en ligne le 8 février 2011.

Calow, R.C., Robins, N.S., Macdonald, A.M., Macdonald, D.M.J., Gibbs, B.R., Orpen, W.R.G., Mtembezeka, P., Andrews, A.J., et Appiah, S.O. (1997) Groundwater management in drought prone areas of Africa. Water Resources Development Vol. 13:241-261.

Clasen, T. (2009) Scaling Up Household Water Treatment among Low-Income Populations. (WHO/HSE/WSH/09.02) World Health Organization, Genève. http://whqlibdoc.who.int/hq/2009/WHO_HSE_WSH_09.02_eng.pdf Consulté en ligne le 8 février 2011.

DHV Water BV, the Netherlands, et BRL Ingénierie (2004) Seawater and Brackish Water Desalination in the Middle East, North Africa and Central Asia: A Review of Key issues and Experience in Six Countries. Report for the World Bank. http://siteresources.worldbank.org/INTWSS/Resources/Desal_mainreport-Final2.pdf Consulté en ligne le 8 février 2011.

European Commission (2009) Study on Water Efficiency Standards. Reference: 070307/2008/5208889/ETU/D2. http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/Water%20efficiency%20standards_Study2009.pdf Consulté en ligne le 8 février 2011.

Farley, M. (2001) Leakage management and control: A Best Practice Training Manual. World Health Organization. Genève. http://whqlibdoc.who.int/hq/2001/WHO_SDE_WSH_01.1_eng.pdf Consulté en ligne le 8 février 2011.

Fragano, F., Linares, C., Lockwood, H., Rivera, D., Trevett, A., et Yepes, G. (2001) Case Studies on Decentralization of Water Supply and Sanitation Services in Latin America. Ed. F. Rosensweig. Strategic Paper 1, Environmental Health Project, Office of Health, Infectious Diseases and Nutrition, Bureau of Global Health. United States Agency for International Development. Washington, DC. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnack672.pdf Consulté en ligne le 8 février 2011.

Howard, G., Godfrey, S., et Boonyakarnkul, T. (2006) Sanitary completion of protection works around groundwater sources. Dans « Protecting Groundwater for Health » Éd. Schmool, O., Howard, G., Chilton, J.

& Chorus, I. International Water Association. Londres. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd59/protecting/sect4-18.pdf> Consulté en ligne le 8 février 2011.

Lockwood, H. (2002) "Institutional Support for Community-managed Rural Water Supply and Sanitation Systems in Latin America." Strategic Report 6, Environmental Health Project, Office of Health, Infectious Diseases and Nutrition, Bureau of Global Health. United States Agency for International Development. Washington, DC: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNACR786.pdf Consulté en ligne le 8 February 2011.

PATH (2010) Global Landscape of Household Water Treatment and Safe Storage Products. Seattle. http://www.path.org/files/TS_swp_hwts_gl.pdf Consulté en ligne le 8 February 2011.

Small Reservoirs Project (2011) Site Internet du Small Reservoirs Project. Voir les liens vers les « Toolkit » et les « Publications » <http://www.smallreservoirs.org/> Consulté en ligne le 8 February 2011.

Thomas, T.H. et Martinson, D.B. (2007) "Roofwater Harvesting: A Handbook for Practitioners" IRC International Water and Sanitation Centre. Technical Paper Series; no. 49. Delft, Les Pays-Bas. Disponible à cette adresse Internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/Roofwater/content.pdf> Consulté en ligne le 8 février 2011.

USEPA (2004) "Water Reuse Guidelines." EPA/625/R-04/108. Washington. Disponible en ligne: <http://www.epa.gov/ord/NRMRL/pubs/625r04108/625r04108.htm> Consulté en ligne le 8 février 2011.

WaterAid (2006) "Technology notes." Londres. http://www.wateraid.org/documents/plugin_documents/technology_notes_2008.pdf Consulté en ligne le 8 février 2011

WHO (2007) Desalination for Safe Water Supply: Guidance for the Health and Environmental Aspects Applicable to Desalination. Rolling Revision. World Health Organization. Genève. http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/desalination.pdf Consulté en ligne le 8 février 2011.

WHO (2010) HWTS Fact sheets and tools. World Health Organization. Genève. http://www.who.int/household_water/network/tools/en/index.html Consulté en ligne le 8 février 2011.

WHO et IWA (2010) Site Internet de WSPortal. World Health Organization et International Water Association. <http://www.who.int/wsportal/en/> Consulté en ligne le 8 février 2011.

Annexes III : Modèles de Prise de Décision — GIRE et WSP

La liste des technologies et pratiques d'adaptation présentée dans ce guide n'est absolument pas exhaustive. De plus, l'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau ne devrait pas être suivie de manière à ce que des séries de technologies et pratiques soit mises en place de façon isolée. L'adaptation ne devrait représenter qu'une partie d'une approche intégrée et intersectorielle sur les ressources et l'approvisionnement en eau.

Deux méthodes d'approches d'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau sont présentées ici: La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau (WSP). Ces deux approches et leurs potentielles contributions à l'adaptation au changement climatique sont décrites brièvement ci-dessous. Cette description comprend des citations de ressources clés pour les lecteurs qui désireraient en savoir plus sur ces deux approches.

La gestion Intégrée des Ressources en Eau

Historiquement, et dans de nombreux pays, la gestion des ressources en eau a eu tendance à s'orienter vers des approches axées sur l'approvisionnement et dominées par l'ingénierie. Du fait de la pression croissante exercée sur les ressources d'eau dans le monde entier, la gestion de ces ressources a changé et s'appuie désormais sur des approches intersectorielles axées sur la demande. La Déclaration de Dublin de 1992 sur l'Eau et le Développement Durable a posé les principes de base à partir desquels la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) a vu le jour.ⁱⁱ L'approche GIRE est apparue comme de plus en plus efficace pour obtenir de meilleurs résultats quant aux ressources en eau, ce qui a conduit à son adoption dans de nombreux contextes.ⁱⁱⁱ

Le quatrième rapport d'évaluation du GIEC de 2007, a défini la GIRE comme « un instrument pour explorer les mesures d'adaptation au changement climatique » tout en déplorant qu'il ne soit encore « qu'à une phase d'ébauche. »^{iv} Depuis lors, une quantité substantielle de recherches ont été menées sur l'application de la GIRE dans divers contextes, et sur sa pertinence quant à l'adaptation au changement climatique.

Les manuels de formation, ainsi que les présentations s'y référant, développés par Cap-Net, par un réseau de l'ONU et par d'autres organismes internationaux, représentent une façon idéale de s'initier à la fois à la GIRE et à son utilisation dans le cadre de l'adaptation au changement climatique. Cap-Net a préparé ces ressources de sorte qu'elles s'adaptent à un format de cours d'instruction concis, destiné aux gestionnaires de l'eau, aux personnes qui élaborent les politiques d'adaptation au changement climatique. Cependant, ils apportent des informations conceptuelles et pratiques présentées d'une façon à ce qu'elles puissent être intégrées par un large éventail d'intervenants.

Les impacts du changement climatique sur le secteur de l'eau sont incertains et varieront selon leur cadre.ⁱ Par conséquent, des modèles d'adaptation au changement climatique trop généraux auront pour résultat d'augmenter le scepticisme des populations, quelque soit le scénario climatique possible. Selon Cap-Net, la GIRE présente l'avantage de fournir un cadre qui est :

- Robuste: Non déterminée par les événements, elle comprend l'intégration sectorielle des objectifs de la politique de développement pour répondre aux besoins actuels et futurs

- Flexible: Non fondée sur un seul scénario possible, mais sur une combinaison idéale de mesures
- Evolutive: Capable de fonctionner dans l'incertitude et d'ajuster l'approche de gestion selon les résultats des stratégies mises en œuvre et en tenant compte des nouvelles réalités

Bien qu'il y ait un large consensus sur l'importance des principes fondamentaux de la GIRE, sa mise en œuvre dans le monde réel peut être difficile. Des obstacles classiques à la mise en œuvre comprennent des intérêts sectoriels bien établis, des insécurités professionnelles, des conflits professionnels transfrontaliers, et des aspects socioculturels de l'eau.^{ii,v} Toutefois, le fait de surmonter les obstacles peut considérablement améliorer la résilience au changement climatique dans tous les secteurs avec une demande substantielle de la demande en eau.

Parmi les principales ressources non citées ci-dessus, il existe une liste annotée de références publiée par l'ONU-Eau pour « tous ceux qui souhaitent se familiariser avec les questions concernant la GIRE ». Elle contient de brèves descriptions et des liens Internet pour plus de 20 publications de l'ONU sur la GIRE. Parmi ces publications on trouve des documents d'orientation et des études de cas pour la mise en œuvre de la GIRE en Afrique, en Asie et Amérique Latine.^{vii} Un des documents cités dans cette liste de références est le « Status Report on Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plans. » (Rapport de situation sur la gestion intégrée des ressources hydriques et des plans d'économie d'eau) de 2008. Ce rapport fournit un aperçu de l'état de mise en œuvre de la GIRE dans plus de 100 pays, dont 77 pays en voie de développement.

Les Plans de Gestion de la Salubrité de l'Eau

La GIRE porte principalement sur la gestion et la quantité des ressources en eau. Le GIEC prévoit que le changement climatique entraînera une qualité de l'eau dégradée. Ces projections comprennent aussi une augmentation de l'activité de cyanobactéries, la contamination physique et chimique des masses d'eau, et l'intrusion de l'eau saline.^{viii}

Les WSP peuvent être complémentaires à la GIRE en fournissant un cadre spécifique pour assurer la sécurité et la qualité de l'approvisionnement en eau. Lorsqu'elle est mise en œuvre avec succès, la méthode WSP peut assurer que la qualité de l'eau soit maintenue dans presque n'importe quelles conditions. Les WSP sont décrits en détail à la section 4 de ce guide. Les éléments de surveillance, de gestion et de retour d'informations d'un WSP mis en œuvre avec succès permettent la flexibilité, l'adaptabilité et la robustesse nécessaires pour protéger l'approvisionnement en eau dans un climat incertain.

Notes de fin de document

- International Conference on Water and the Environment (1992) The Dublin Statement on Water and Sustainable Development. <http://www.un-documents.net/h2o-dub.htm> Consulté en ligne le 25 janvier 2011.
- Rahaman, M.M. et O. Varis (2005) Integrated water resources management: evolution, prospects and future challenges. Sustainability: Science, Practice, & Policy Vol. 1:15–21. <http://sspp.proquest.com/archives/vol1iss1/0407-03.rahaman.pdf> Consulté en ligne le 6 février 2011.
- DHV Water BV, Pays-Bas, et BRL Ingénierie (2004) Seawater and Brackish Water Desalination in the Middle East, North Africa and Central Asia: A Review of Key issues and Experience in Six Countries. Rapport de la Banque Mondiale. http://siteresources.worldbank.org/INTWSS/Resources/Desal_mainreport-Final2.pdf Consulté en ligne le 9 novembre 2010.
- Kundzewicz, Z.W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. Oki, Z. Sen et I.A. Shiklomanov (2007) Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry,

- O.F.Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson, Éd., Cambridge University Press, Cambridge, RU, 173-210.
- v. Institut de l'UNESCO pour l'Education relative à l'Eau (2010) IWRM as a Tool for Adaptation to Climate Change. http://www.cap-net.org/sites/cap-net.org/files/CC&%20IWRM%20_English%20manual_.pdf Consulté en ligne le 25 janvier 2011.
 - vi. Cap-Net (2010) IWRM a Tool for Adaptation to Climate Change. Site Internet avec liens vers des manuels de formation et des présentations PowerPoint en Anglais, Espagnol, Français et Portugais. <http://www.cap-net.org/node/1628> Consulté en ligne le 25 janvier 2011.
 - vii UNW-DPAC (2010) Integrated Water Resources Management Reader. UN-Water Decade Programme on Advocacy and Communication. http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/05_2010_reader_iwrn_eng.pdf
 - viii. IPCC (2007) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, Martin L., Canziani, Osvaldo F., Palutikof, Jean P., van der Linden, Paul J., et Hanson, Clair E. (éd.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 1000 pp.



Ce guide met l'accent sur les technologies et les pratiques d'adaptation dans le secteur de l'eau. Le secteur de l'eau, comme défini par le GIEC, comprend les ressources en eau douce ainsi que leur gestion. Onze technologies et pratiques sont décrites en détail dans ce livret. Ces technologies et ces pratiques sont classées en fonction de leur contribution à l'adaptation au changement climatique : La diversification de l'approvisionnement en eau, la réalimentation des nappes phréatiques, la préparation pour affronter des phénomènes météorologiques extrêmes, la résistance à la dégradation de la qualité de l'eau, le contrôle et la rétention des eaux pluviales, et la préservation de l'eau.

Les auteurs de cette publication sont Mark Elliott, Andrew Armstrong, Joseph LoBuglio et Jamie Bartram, de L'Institut de l'Eau de l'Université de Caroline du Nord à Chapel Hill. Le Professeur Bartram est le Directeur de l'Institut. Il fut le Coordinateur du Programme Eau, Assainissement, Hygiène et Santé de l'OMS, ainsi que le premier Président d'ONU-Eau. Les auteurs décrivent les technologies d'adaptation de A à Z, c'est à dire de leur source jusqu'au client. Ils examinent également les interfaces entre l'eau, la santé, le développement et le changement climatique.

Ce guide sera utilisé par les équipes TNA nationales ; ces équipes sont constituées de parties prenantes issues du gouvernement, des organisations non-gouvernementales et du secteur privé.

Cette publication fait partie d'une série de livrets sur les technologies d'adaptation et d'atténuation, développée dans le cadre du projet sur l'Evaluation des Besoins en Technologies (TNA) et financée par le GEF. Ce projet est mené par le PNUE et le CPR dans 36 pays en voie de développement.



Centre PNUE de Risoe

DTU Laboratoire National pour l'Energie Durable de DTU Risoe

<http://www.uneprisoe.org/>

<http://tech-action.org/>