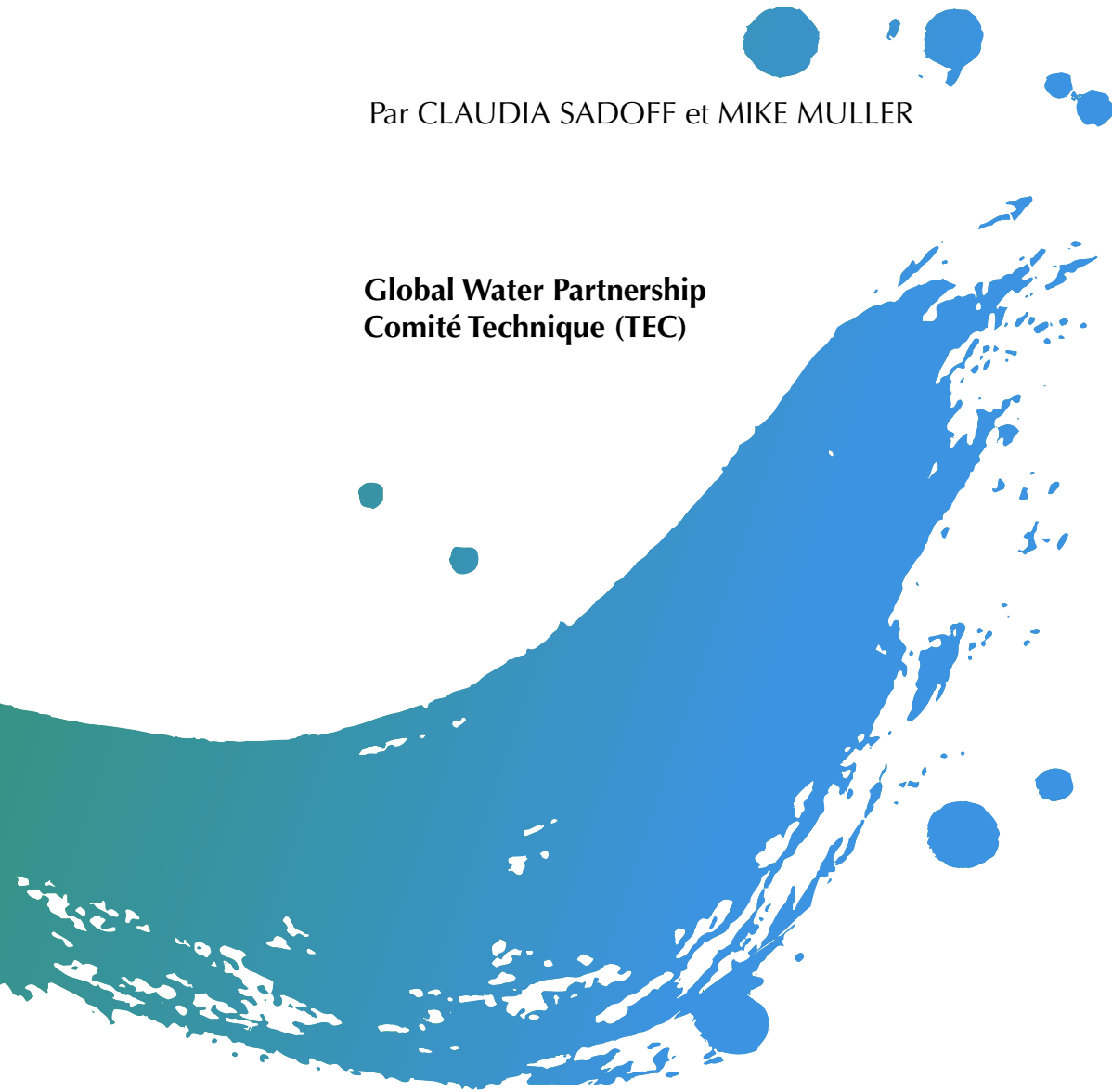


***Gestion de l'Eau, Sécurité en eau
et Adaptation au Changement climatique :
premiers Effets et Mesures essentielles***

Par CLAUDIA SADOFF et MIKE MULLER

**Global Water Partnership
Comité Technique (TEC)**



Déjà parus dans la série des documents de référence du TEC (TEC Background Papers) :

- No 1: “Regulation and Private participation in the Water and Sanitation Sector” by Judith A. Rees (1998)
- No 2: “Water as a Social and Economic Good: how to Put the Principle into Practice” by Peter Rogers, Ramesh Bhatia and Annette Huber (1998)
- No 3: “The Dublin Principles for Water as Reflected in a Comparative Assessment of Institutional and Legal Arrangements for Integrated Water Resources Management” by Miguel Solanes and Fernando Gonzales Villarreal (1999)
- No 4: “Integrated Water Resources Management” by the GWP Technical Advisory Committee (2000)
- No 5: “Letter to my Minister” by Ivan Chéret (2000)
- No 6: “Risk and Integrated Water Resources Management” by Judith A. Rees (2002)
- No 7: “Effective Water Governance” by Peter Rogers and Alan W Hall (2003)
- No 8: “Poverty Reduction and IWRM” (2003)
- No 9: “Water Management and Ecosystems: Living with Change” by Malin Falkenmark (2003)
- No 10: “...Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Plans by 2005 - Why, What and How?” by Torkil Jøneh-Clausen (2004)
- No 11: “Urban Water and Sanitation Services, An IWRM Approach ” by Judith A. Rees (2006)
- No 12: “Water Financing and Governance” by Judith A. Rees, James Winpenny and Alan W. Hall (2009)
- No 13: “Managing the other side of the water cycle: Making wastewater an asset” by Akiça Bahri (2009)



Le présent document est imprimé sur du papier labellisé « Swan ».

L'écolabel nordique « Cygne blanc » indique au consommateur les produits les plus respectueux de l'environnement. Pour acquérir ce label, les fabricants doivent se conformer à de strictes exigences révisées en permanence. Ce papier a été fabriqué dans le respect de ces exigences.

**Gestion de l'Eau, Sécurité en eau
et Adaptation au Changement climatique :
premiers Effets et Mesures essentielles**

©Global Water Partnership

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés.

Imprimé par Elanders, Suède, 2010.

Première édition, 2009.

Tout usage de la présente publication dans un but commercial, quel qu'il soit, est interdit sans le consentement écrit du Global Water Partnership. Des passages de ce texte ne peuvent être reproduits qu'avec l'autorisation du Global Water Partnership. Toutes les constatations, les interprétations et les conclusions exprimées dans cette publication sont entièrement le fait de l'auteur et ne doivent en aucun cas être attribuées au GWP, ni être considérées comme la voix officielle du Comité Technique du GWP.

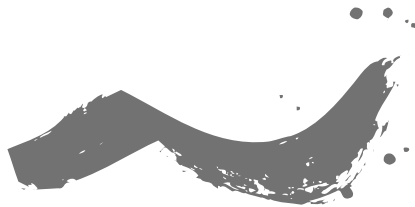
ISSN: 1652-5396

ISBN: 978-91-85321-82-7

***Gestion de l'Eau, Sécurité en eau et Adaptation
au Changement climatique : premiers Effets et
Mesures essentielles***

Par Claudia Sadoff et Mike Muller

Mai 2010



Publié par le Global Water Partnership

RÉSUMÉ

L'eau est le principal biais par lequel le changement climatique affectera les personnes, les écosystèmes et les économies. La gestion des ressources en eau constitue ainsi l'un des premiers éléments sur lequel l'adaptation au changement climatique devrait mettre l'accent. Elle n'a pas réponse à tout en matière d'adaptation dans la mesure où il sera nécessaire de mettre en œuvre un large éventail de mesures. Toutefois, l'eau est, à la fois, une partie du problème et un élément important de la solution, et constitue, dans ces circonstances, un bon point de départ.

Le changement climatique devrait globalement avoir des conséquences néfastes sur les ressources en eau de la planète. Pourtant, de nombreux éléments gardent une part de mystère. La relation entre l'augmentation des températures et les changements des précipitations a été modélisée de façon précise, ce qui n'est pas le cas des effets sur les débits fluviaux et la recharge des nappes phréatiques. Il est également nécessaire de mieux comprendre les défis spécifiques posés par la fonte des glaces et des glaciers, tout comme les conséquences sur la qualité de l'eau.

Les actions visant à mettre en place une gestion rigoureuse de l'eau sont en réalité des actions d'adaptation. La compréhension de la dynamique de la variabilité actuelle et du futur changement climatique et son impact sur l'offre et la demande de l'eau de tous les secteurs concernés, et une capacité accrue à répondre à cette dynamique contribuent à une meilleure gestion des ressources en eau. Elles renforcent également la capacité à faire face aux défis actuels du climat et la capacité d'adaptation aux futurs changements climatiques.

La réalisation et la préservation de la sécurité en eau, qui se définit d'une manière générale comme l'exploitation du potentiel productif de l'eau et la limitation de son potentiel de destruction, constituent un élément central des stratégies d'adaptation et un cadre d'action. La sécurité en eau sera, pour les pays qui ne l'ont pas encore réalisée, un objectif plus difficile à atteindre du fait du changement climatique, alors que les autres pays pourraient avoir des difficultés à la préserver. Tous seront probablement contraints de consacrer davantage de ressources à la gestion des ressources en eau.

Mettre l'accent sur la sécurité en eau est une bonne stratégie d'adaptation précoce qui bénéficie immédiatement aux populations vulnérables et mal desservies et promeut ainsi les Objectifs du millénaire pour le développement tout en renforçant les systèmes et la capacité de gestion du risque du

changement climatique à plus long terme. De nombreuses sociétés voudront continuer à investir dans la gestion de l'eau afin d'aller au-delà de la sécurité en eau et de mieux exploiter les avantages économiques, sociaux et environnementaux que peut apporter un usage plus sage de l'eau.

La réalisation de la sécurité en eau dans le monde exigera des investissements dans les trois 'I' : une Information de meilleure qualité et plus accessible, des Institutions plus fortes et disposant d'une meilleure capacité d'adaptation, et l'existence d'Infrastructures naturelles et artificielles de stockage, de transport et de traitement de l'eau. Ces besoins se manifesteront à tous les niveaux : dans les projets, au niveau des communautés, des nations, des bassins et à l'échelle mondiale. Trouver la bonne combinaison entre les investissements dans les institutions et le renforcement des capacités d'une part, et les infrastructures d'autre part, et les réaliser dans le bon ordre, ne sera pas chose facile. Aussi, l'information, la consultation et la gestion adaptative seront essentielles.

Par ailleurs, des compromis difficiles seront certainement inévitables afin d'allier équité, priorités environnementales et économiques. L'art de l'adaptation dans la gestion de l'eau sera de trouver la bonne combinaison entre les trois 'I' (information, institutions et infrastructures) afin d'obtenir l'équilibre souhaité entre les trois 'E' (équité, environnement et économie).

La Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) permet de maîtriser ces dynamiques et assure le lien entre ces niveaux d'intervention. La GIRE est une approche globale basée sur les bonnes pratiques dans le domaine de la gestion de l'eau : elle reconnaît le caractère holistique du cycle de l'eau et l'importance des compromis. La GIRE souligne également l'importance des institutions effectives ; et est adaptative par nature.

La réalisation de la sécurité en eau dans le monde nécessitera des ressources financières. Or, la bonne gestion de l'eau, qui est essentielle à l'adaptation, fait le plus défaut dans les pays les plus pauvres, alors que ce sont eux qui subissent aujourd'hui la plus grande variabilité climatique et seront, selon les prévisions, confrontés aux pires effets du changement climatique. Dans ces circonstances, la plupart des pays les plus pauvres de la planète devront réaliser des investissements significatifs.

Les investissements dans la capacité de gestion des ressources en eau, les institutions et les infrastructures nationales devraient donc être une priorité pour la généralisation du financement en faveur de l'adaptation. Le

financement en faveur du développement durable est celui qui promeut l'adaptation. La généralisation du financement contribuera à veiller à ce que les institutions qui devront faire face à ces changements renforcent et maintiennent leurs capacités à long terme ; et réduira la prolifération des instruments de financement complexes liés au changement climatique et des initiatives fragmentées basées sur des projets.

Il peut arriver que, dans certains bassins transfrontaliers, les meilleurs investissements que peut réaliser un pays en faveur de l'adaptation, se situent hors de son territoire. Il s'agit par exemple des investissements dans les systèmes de surveillance à l'échelle du bassin ou des investissements dans les infrastructures communes et/ou dans les systèmes d'exploitation des ressources en eau dans un pays voisin. Dès lors qu'ils sont octroyés, les fonds spéciaux en faveur de l'adaptation devraient aller au-delà des solutions nationales en vue de fournir des biens publics et promouvoir des solutions coopératives à l'échelle du bassin transfrontalier dans les cas où les investissements sont rentables et dans l'intérêt de tous les riverains.

Avant-propos

La vision du Partenariat mondial de l'eau (Global Water Partnership) est celle d'un monde dans lequel la sécurité en eau est assurée et les besoins des populations en termes de développement économique et social satisfaits ; dans lequel les communautés sont protégées des inondations, sécheresses et maladies liées à l'eau ; et dans lequel la protection de l'environnement est menée de manière efficace. Sa mission est d'aider au développement et à la gestion durables des ressources en eau à tous les niveaux.

Dans le cadre de sa stratégie 2009-2013, qui décrit comment il mettra en œuvre sa vision et sa mission au cours des prochaines années, le Partenariat recherche activement des solutions aux défis majeurs qui se posent en termes de sécurité en eau. L'un de ces défis est incontestablement le changement climatique, qui menace de modifier radicalement le volume d'eau disponible ainsi que les caractéristiques du cycle de l'eau dans de nombreuses régions du monde.

Ainsi, Gestion de l'eau, sécurité en eau et adaptation au changement climatique : premiers effets et mesures essentielles met-il l'accent sur la façon dont le changement climatique affectera l'eau – ainsi que sur la façon dont une meilleure gestion de l'eau peut contribuer à la fois à l'atténuation des causes du changement climatique et à l'adaptation à ses effets déjà irréversibles.

Un message clé, à l'approche de la conférence cruciale COP-15 de Copenhague, fin 2009, et des actions qui suivront, est que l'eau constitue le principal biais par lequel le changement climatique affectera les populations, les écosystèmes et les économies.

Cette situation exigera un large éventail de mesures axées sur le renforcement des capacités globales de gestion des ressources en eau. Un deuxième message clé est donc que les nouveaux instruments d'adaptation actuellement mis en œuvre devraient soutenir cette approche.

Gestion de l'eau, sécurité hydrique et adaptation au changement climatique : premiers effets et mesures essentielles est ainsi une importante contribution au débat actuel sur les moyens de faire face au changement climatique et à ses conséquences. La gestion des ressources en eau n'a pas réponse à tout mais devrait toutefois constituer l'un des premiers éléments sur lesquels l'adaptation au changement climatique devrait mettre l'accent.

Je remercie Claudia Sadoff d'avoir coordonné la préparation du document avec Mike Muller (co-auteur) et Sarah Carriger (rédaction) ainsi que les membres du groupe de travail du GWP sur la GIRE et le changement climatique, et en particulier Michael Scoullou, Vadim Sokolov et Humberto Peña qui ont réalisé les études de cas régionales. Bien qu'il ait largement bénéficié des débats qui ont eu lieu au sein du Comité technique du GWP, le présent document reflète l'opinion de ses auteurs mais pas nécessairement celle du Comité technique ou du GWP de manière générale.

L'objectif du document n'est pas d'être exhaustif mais de mettre l'accent sur certaines questions immédiates, tout en complétant les publications réalisées par les partenaires et autres organisations.

Je suis persuadé que cet ouvrage sera un précieux outil qui aidera le GWP à contribuer à l'identification et à la promotion de solutions aux défis majeurs que pose le changement climatique à la sécurité en eau.

Hartmut Bruehl, Président par intérim du Comité technique du Partenariat mondial de l'eau

CONTENTS

Résumé

1. Eau et adaption : De quoi s'agit-il ?	10
1.1. Leau est le principal biais par lequel les premiers effets du changement climatique se manifesteront	10
1.2. La sécurité en eau est une priorité pour l'adaptation et une priorité aujourd'hui	13
1.3. Les investissements dans la sécurité en eau sont des investissements dans l'adaptation au changement climatique	18
2. Défis du changement climatique pour la gestion de l'eau	23
2.1. Les sciences physiques	23
2.2. Les dynamiques sociales et économiques	35
2.3 Facteurs d'aggravation	60
3. Promouvoir l'adaption au changement climatique a travers une meilleure gestion de l'eau	68
3.1. Sécurité en eau, premier objectif et cadre pour l'adaptation	69
3.2. Promouvoir la sécurité en eau à travers la gestion intégrée des ressources en eau	72
3.3 Adapter la GIRE à l'adaptation	87
4. Financer la gestion adaptive des ressources en eau	93
4.1 Le financement de base en faveur de la gestion de l'eau est un financement de base en faveur de l'adaptation	97
4.2 Financement transfrontalier – promouvoir les actions coopératives	99
5. Conclusions	100

1. EAU ET ADAPTATION : DE QUOI S'AGIT-IL ?

Les effets escomptés du changement climatique se manifesteront en grande partie à travers l'eau. La modification des régimes de précipitations et des débits fluviaux affectera tous les usagers de l'eau ; une plus grande incertitude et le changement des besoins en eau des cultures menaceront les agriculteurs pauvres pratiquant l'agriculture pluviale en particulier ; l'intensification des sécheresses, inondations, typhons et moussons aggravera la vulnérabilité d'un grand nombre de personnes; alors que les risques et incertitudes se multiplieront en ce qui concerne l'incidence des maladies d'origine hydrique, la fonte des glaciers, les inondations causées par les débordements des lacs glaciaires et l'élévation du niveau de la mer.

Il est particulièrement préoccupant que les communautés pauvres soient susceptibles d'être les principales victimes de ces effets du changement climatique, alors qu'elles sont actuellement et seront à l'avenir les moins capables d'y faire face. Même s'il est impossible de prévoir la nature et l'ampleur des effets avec une certitude absolue, il est nécessaire d'agir dès maintenant compte tenu du fait que la gestion des ressources en eau s'inscrit dans le long terme. Heureusement, une meilleure gestion des ressources en eau contribuera également à faire face à la variabilité et aux chocs climatiques actuels, lesquels constituent aujourd'hui des questions fondamentales pour le développement dans les pays les plus pauvres de la planète.

1.1. L'eau est le principal biais par lequel les premiers effets du changement climatique se manifesteront

Les défis posés par le réchauffement climatique et les changements climatiques connexes sont de mieux en mieux compris. Leur ampleur probable fait également l'objet d'un consensus de plus en plus important. Il n'est plus question de menaces potentielles mais d'une réalité inévitable, d'après le rapport le plus récent du GIEC.¹

¹ GIEC, *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, Eds., (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007).

Il est par conséquent important d'accorder la même attention aux mesures visant à faire face aux effets du rapide changement climatique (adaptation) qu'à celles qui ciblent les causes de ce changement (atténuation). Comme l'indique le GIEC, «les mesures d'adaptation sont nécessaires, indépendamment de l'ampleur des mesures d'atténuation².» L'accent doit non plus porter sur l'atténuation du changement climatique mais sur une approche plus intégrée alliant atténuation et adaptation.

Le même rapport du GIEC indique clairement que les ressources en eau seront parmi les secteurs les plus affectés lorsque le changement climatique commencera à se manifester. Cette conclusion n'est pas nouvelle. Elle a été rapportée pour la première fois dans la déclaration finale des sessions scientifiques de la deuxième Conférence sur le changement climatique en 1990 qui a reconnu que : « les répercussions sur le cycle hydrologique et sur les systèmes de gestion de l'eau, et à travers eux, sur les systèmes socio-économiques font partie des effets les plus importants du changement climatique.³»

Certains effets du changement climatique reflèteront simplement le rôle essentiel de l'eau pour la vie. Ainsi, l'agriculture pluviale devra s'adapter aux nouveaux régimes de précipitations. Les systèmes de santé devront faire face aux évolutions concernant l'incidence des maladies, telles que le choléra et la malaria, dus aux changements écologiques. Les infrastructures, routes et bâtiments notamment, et la structure même des zones d'habitation devront être modifiées afin de tenir compte de régimes de précipitations et de débits fluviaux différents.

Les changements climatiques seront amplifiés dans l'environnement hydrique. Une évolution des températures de quelques degrés seulement et les modifications qui en résultent en terme de précipitations pourraient, selon de nombreuses prévisions, provoquer une augmentation des débits fluviaux et de la quantité d'eau disponible de 10 à 40% dans certaines régions et une diminution de 10 à 30% dans d'autres.

Cet effet de 'levier', qui transformera de petites évolutions de température en changements importants des débits fluviaux, pourrait avoir un impact majeur

² GIEC, *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge, Royaume-Uni et New York, Etats-Unis: Cambridge University Press, 2007).

³ Dans l'Addendum au rapport du Secrétaire général à la 45e session de l'Assemblée générale des Nations Unies, *Progrès réalisés dans l'application de la résolution 44/207 relative à la protection du climat mondial pour les générations présentes et futures*, 8 novembre 1990, p.9.

sur l'approvisionnement en eau des communautés urbaines en expansion, ainsi que sur les autres infrastructures construites afin de satisfaire leurs besoins de logement et de transport. Cet effet pourrait rendre les industries et une grande partie de l'agriculture, qui les approvisionnent et les nourrissent, particulièrement vulnérables, voire même remettre en cause leur pérennité.

Par ailleurs, le climat du monde sera, selon les prévisions, caractérisé par des inondations et des périodes de sécheresse plus nombreuses et plus intenses. Le public comprend plus facilement les dangers liés à l'augmentation du nombre de tempêtes dans le monde que ceux liés au changement des températures et des régimes de précipitations, pour la simple raison qu'il est confronté aux images de victimes et de destruction diffusées par les médias suite à des phénomènes tels que la destruction de la Nouvelle-Orléans par l'ouragan Katrina en 2005 et les inondations de 2007 au Bangladesh causées par le cyclone Sidr, qui coûta la vie à 3400 personnes et détruisit les habitations de près d'un million de personnes.

Il existe, compte tenu des effets amplifiés du changement climatique dans l'environnement hydrique, d'autres dangers qui dépassent le secteur de l'eau proprement dit. En l'absence de compréhension de l'interaction entre changement climatique et environnement hydrique, les stratégies mises en œuvre dans d'autres secteurs afin de lutter contre le changement climatique peuvent, en réalité, aggraver les problèmes et accroître la vulnérabilité des communautés et de leurs environnements face aux catastrophes naturelles ou à celles causées par l'homme.

Cette situation a déjà été observée dans la course à la production de biocarburants, laquelle a aggravé le stress hydrique et la faim dans de nombreuses régions. Les campagnes contre l'exportation de fleurs et de légumes irrigués cultivés au Kenya, en raison des dégâts causés par les transporteurs aériens, en sont un autre exemple. Ces campagnes concernent des zones où l'irrigation commerciale a efficacement exploité l'eau pour créer des emplois. Elles risquent ainsi de mettre de nombreux travailleurs au chômage et pourraient aggraver les conflits existants au sein de ces communautés rurales pauvres.

Par ailleurs, les efforts visant à résoudre les problèmes de l'eau sans tenir compte du changement climatique peuvent aggraver ses effets négatifs. Les approches techniques de protection contre les inondations peuvent protéger les communautés contre les inondations 'normales', mais ne les protègent pas

du tout contre les défaillances catastrophiques des infrastructures, telles que celles observées lors des inondations de 2008 à Koshi au Népal et en Inde qui ont touché plus de 3 millions de personnes. Elles peuvent également potentiellement aggraver les catastrophes causées par les inondations extrêmes qui sont considérées comme probables dans la plupart des scénarios de prévision du changement climatique, comme cela fut clairement le cas lors de la catastrophe de la Nouvelle-Orléans où les mesures de contrôle des inondations sur le fleuve du Mississipi avaient progressivement réduit la superficie des marécages qui auraient permis d'atténuer l'impact de l'ouragan Katrina. En outre, l'adoption à grande échelle de mesures visant à lutter contre la rareté de l'eau, telles que le dessalement, est susceptible d'aggraver le changement climatique.

L'eau sera par conséquent au cœur des risques et des actions menées dans le cadre de l'adaptation au changement climatique. Cela ne signifie pas que la gestion de l'eau a réponse à tout, il sera en effet nécessaire d'intervenir dans de nombreux secteurs. L'eau représente toutefois une partie importante du problème et de la solution.

1.2. La sécurité en eau est une priorité pour l'adaptation et une priorité aujourd'hui

Mettre l'accent sur la sécurité en eau est une bonne stratégie d'adaptation – apportant des bienfaits immédiats aux populations vulnérables et mal desservies, et promouvant ainsi les Objectifs du millénaire pour le développement tout en renforçant les systèmes et les capacités dans le domaine de la gestion des risques à plus long terme.

Qu'entendons-nous par 'sécurité en eau'? Très souvent, ce terme est considéré comme analogue à 'sécurité alimentaire' et 'sécurité énergétique', généralement définis comme un accès durable à des ressources en quantité suffisante.⁴ Nous nous concentrons ici sur la sécurité des ressources en eau et emploierons par conséquent une définition plus large qui tient compte des aspects destructeurs de l'eau – qui, pour nombre d'entre eux, sont susceptibles d'être amplifiés par le changement climatique.

⁴ Le *Plan d'action du Sommet mondial de l'alimentation* (1996) définit la sécurité alimentaire de la façon suivante: « la sécurité alimentaire est assurée quand toutes les personnes, en tout temps, ont économiquement, socialement et physiquement accès à une alimentation, sûre et nutritive qui satisfait leurs besoins nutritionnels et leurs préférences alimentaires pour leur permettre de mener une vie active et saine. » Rome: FAO
<http://www.fao.org/docrep/003/w3613e/w3613e00.HTM>. A noter que la sécurité alimentaire est dans une large mesure associée à la sécurité en eau, même si cette relation peut être contournée par les importations de produits alimentaires.

A l'image de Grey and Sadoff (2007), nous définissons la sécurité en eau comme : « l'existence d'une réserve d'eau fiable en quantité et qualité suffisantes pour assurer la santé, les moyens d'existence et la production, associée à un niveau jugé acceptable de risques liés à l'eau »⁵.

La réalisation de la sécurité en eau exigera des investissements dans les infrastructures de stockage et de transport d'eau, de traitement et de réutilisation des eaux usées ainsi que dans des institutions solides⁶, dans l'information et la capacité de prévoir, de planifier et de faire face à la variabilité climatique. De tels investissements aideront les sociétés à s'adapter au changement climatique à long terme et à maîtriser la variabilité climatique actuelle et les chocs qu'elle engendre – garantissant ainsi la sécurité en eau aux populations et aux pays les plus pauvres de la planète.

De nombreuses sociétés souhaiteront aller au-delà de la sécurité en eau afin d'exploiter davantage les bienfaits économiques, sociaux et environnementaux que peut apporter un usage sage de l'eau. Réaliser et préserver la sécurité en eau dans le contexte du changement climatique et aller au-delà de la sécurité en eau pour renforcer la contribution de l'eau au bien-être économique et social sont des défis essentiels de l'adaptation.

Là où la sécurité en eau n'a pas été atteinte, le changement climatique compliquera encore davantage sa réalisation.

De nombreuses sociétés n'ont pas encore atteint la sécurité en eau. Aussi l'absence de pluies et le manque d'eau exacerbent souvent la pauvreté et le conflit au sein des communautés pauvres. A l'opposé, un volume d'eau trop élevé, sous la forme d'inondations, expose les pauvres à des risques économiques et sanitaires aux conséquences potentiellement dévastatrices.

Dans les pays tels que l'Éthiopie (voir Encart 1), les moyens d'existence – et la survie même – de nombreux habitants des zones rurales dépendent des aléas des précipitations. La prospérité et le progrès social, fruits de longues années d'efforts, peuvent être réduits à néant par la succession de quelques saisons sans pluie. La situation est similaire dans bien d'autres pays en Afrique où, comme l'ont clairement montré les événements au Kenya, au Zimbabwe et en

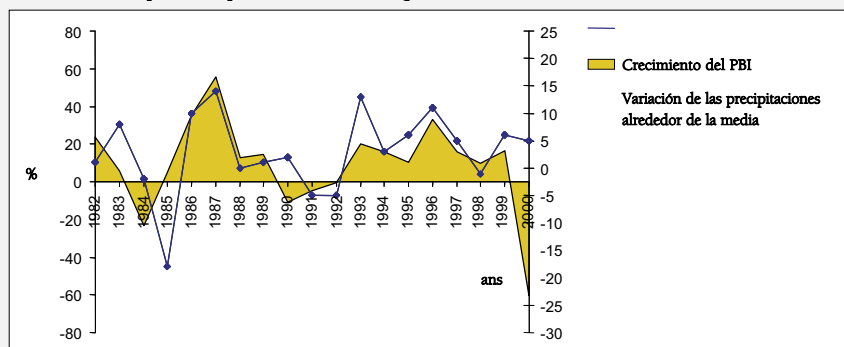
⁵ David Grey et Claudia W. Sadoff, 'Sink or Swim? Water Security for Growth and Development,' *Water Policy* 9, No. 6 (2007): 545- 571.

⁶ La définition des institutions inclut non seulement les organisations formelles mais également les systèmes de gouvernance, les politiques, les réglementations et les mesures incitatives qui influencent la répartition de l'eau ; la qualité, les droits et la tarification, la gestion des biens et la fourniture de services.

Encart 1 : Lien entre variabilité des précipitations et croissance économique, l'exemple de l'Éthiopie

La variabilité hydrologique affaiblit considérablement la croissance économique et perpétue la pauvreté en Éthiopie. Le coût économique de la variabilité hydrologique est estimé à plus d'un tiers du potentiel de croissance économique annuel moyen du pays. En outre, ces taux de croissance se réduisent de plus en plus avec le temps. Les modèles économiques qui tiennent compte de la variabilité hydrologique montrent que cette variabilité entraîne une diminution de 38% des prévisions de taux de croissance annuels moyens.⁷ La capacité des réservoirs de stockage d'eau par habitant de l'Éthiopie représente moins d'1% de celle de l'Amérique du Nord alors que ce pays fait face à une variabilité hydrologique bien plus forte.

Schéma 1 : Éthiopie : Précipitations, PIB et PIB agricole



La croissance économique éthiopienne est si sensible à la variabilité hydrologique que même l'incidence d'un seul épisode de sécheresse au cours d'une période de 12 ans (la moyenne historique est d'un tous les 3-5 ans) diminue les taux de croissance moyens de 10% au cours de toute la période de 12 ans. Les effets de la variabilité hydrologique émanent des répercussions directes des précipitations sur le paysage, la production agricole, l'industrie, qui nécessite une grande quantité d'eau, et la production d'électricité.

Comme l'Éthiopie ne dispose pas des infrastructures ni des institutions nécessaires en matière de ressources en eau pour atténuer la variabilité hydrologique, pas plus que des infrastructures économiques permettant d'atténuer l'impact économique de cette variabilité en facilitant les échanges agricoles entre les régions du pays affectées (en déficit) et non affectées (en surplus), ces répercussions sont amplifiées par les effets de la production, du prix et des revenus dans l'ensemble de l'économie. En conséquence, la croissance économique de l'Éthiopie est étroitement liée aux précipitations (voir schéma 1).⁸

Source: Banque mondiale, *Managing Water Resources to Maximize Sustainable Growth: A Country Water Resources Assistance Strategy for Ethiopia* (Washington, DC: Banque mondiale, 2006).

⁷ L'estimation repose sur les résultats d'un modèle stochastique plurisectoriel identifiant les effets d'un déficit et d'un surplus des précipitations sur les secteurs agricoles et non-agricoles.

⁸ Ce graphique présente une corrélation mais ne prouve pas nécessairement une relation de causalité. Il soulève néanmoins une question intéressante : pourquoi les précipitations excessives ne sont-elles pas associées à une croissance moins élevée du PIB? Le cas du Kenya apporte une explication possible (voir Banque mondiale 2005). Dans ce cas, les coûts économiques de la sécheresse ont été en majorité des pertes de revenus agricoles, contrairement aux coûts économiques des inondations qui se traduisent par les dommages subis par les infrastructures (routes et ponts). Les pertes de revenus agricoles réduisent directement le PIB. En revanche, les dommages subis par les infrastructures sont immédiatement réparés, et dans ce cas, peuvent être considérés comme un investissement dans les comptes nationaux, ce qui entraînerait en réalité une hausse du PIB et expliquerait pourquoi les précipitations excessives semblent être associées à une forte croissance.

Ethiopie, le destin d'économies nationales entières est étroitement lié à une bonne ou une mauvaise pluviométrie. De même, au Sahel, les pénuries d'eau causées par de longues sécheresses ont exacerbé les conflits sociaux.

La relation entre précipitations, prospérité et harmonie sociale est reconnue dans la plupart des sociétés, même si elle s'exprime rarement aussi clairement que dans le petit pays africain du Lesotho, où *Khotso! Pula! Nala!* (paix, pluie et prospérité) est une forme de salutation traditionnelle ainsi que la devise nationale. Dans le pays voisin du Botswana, *Pula!* ne signifie pas uniquement pluie mais également 'chance, vie et prospérité' ; cela explique pourquoi les mariages ou les autres évènements qui se déroulent sous la pluie sont de très bon augure.

En Asie, en Amérique centrale et aux Caraïbes, ce sont le plus souvent les inondations, et non les sécheresses qui font le plus de ravages au sein des communautés pauvres. Du Vietnam, aux Philippines en passant par le Honduras, le Nicaragua et Cuba, les dommages et les inondations causés par les ouragans et les typhons, et les précipitations trop abondantes qu'ils génèrent, maintiennent les populations dans la pauvreté par les destructions et l'aggravation de la vulnérabilité économique qu'ils provoquent.

Les zones habituées aux extrêmes ont été le théâtre d'un certain nombre d'évènements qui suggèrent une évolution des conditions. Par exemple, les inondations qui ont paralysé la ville indienne de Mumbai en 2005 ont été causées par près de 1000mm de précipitations – c'est-à-dire davantage que le volume annuel des précipitations de la plupart des pays - en l'espace de seulement 24 heures. Cette catastrophe a été décrite comme une inondation tout à fait exceptionnelle qui se produit une fois tous les 2000 ans. Pourtant, des incidents de ce type risquent de se répéter bien plus souvent dans le monde et leurs coûts aggraveront la pauvreté des communautés démunies.

Le changement climatique compliquera davantage la réalisation de la sécurité en eau dans la mesure où il provoquera des inondations et sécheresses extrêmes, plus difficiles à prévoir et moins faciles à maîtriser.

Là où la sécurité en eau a été atteinte, le changement climatique pourrait la remettre en cause en multipliant ou en modifiant les risques

Les programmes visant à assurer l'approvisionnement en eau potable ont, au cours des dernières décennies, privilégié la mise en place de conditions institutionnelles et financières adéquates dans la mesure où l'infrastructure technique, malgré son coût élevé, n'est pas particulièrement complexe. De

même, dans de nombreux pays, les populations agricoles ont trouvé un équilibre entre leurs atouts et leurs contraintes en matière de ressources naturelles. Elles ont également su saisir les opportunités créées par une plus grande ouverture sur le monde, et atteint des conditions de vie décentes. L'énergie hydroélectrique a permis la création d'industries dans les pays en voie de développement et reste de loin la principale source d'énergie renouvelable dans le monde aujourd'hui.

Cette sécurité en eau pourrait toutefois se révéler illusoire si les ressources en eau, sur lesquelles elle repose, sont remises en cause.

Le changement climatique représente, dans ce contexte, une grave menace. Dans de nombreux pays, l'approvisionnement en eau repose sur l'hypothèse que les barrages, d'où ils prélèvent leur eau, auront un certain rendement. Une réduction des précipitations moyennes, ou une sécheresse plus longue que prévu, remettrait en question ces hypothèses et menacerait l'approvisionnement en eau domestique. Les agriculteurs et les autres usagers de l'eau sont confrontés à des risques similaires. Pour les pays comme l'Inde, le Népal, l'Ouganda, le Chili ou encore le Brésil, l'un des effets les plus graves de la sécheresse porte sur l'accès à l'électricité car la réduction des précipitations provoque une réduction du volume d'eau transitant par les turbines qui génèrent l'électricité (voir Encart 4).

La situation n'est toutefois pas sombre partout. L'augmentation des précipitations devrait, selon les prévisions, augmenter la quantité d'eau disponible dans certaines régions du monde, bien que d'autres problèmes, tels que les inondations et la propagation des maladies liées à l'eau, puissent relativiser ces avantages.

Atteindre et maintenir la sécurité en eau, dans un contexte marqué par le changement climatique, est le défi immédiat de l'adaptation

La réalisation de la sécurité en eau représente déjà un défi fondamental en termes de développement. Outre la variabilité météorologique naturelle qui influe sur le cycle de l'eau, il existe d'autres demandes concurrentes sur ce qui est, essentiellement, une ressource finie. Celles-ci incluent la demande croissante d'eau causée par les besoins industriels plus importants, l'amélioration des conditions de vie et le changement des régimes alimentaires et des modes de production (par exemple, l'expansion de la production de biocarburants). La pollution causée par les déchets humains et industriels réduit également, dans le nombreux pays, la quantité d'eau utilisable.

Ajouter le changement climatique à ce contexte difficile accroît la complexité des défis auxquels sont confrontés les gestionnaires de l'eau et leurs sociétés puisqu'ils éprouvent alors des difficultés à répondre aux nouvelles demandes. Ainsi, le problème n'est pas seulement d'arriver à la sécurité en eau dans le contexte du changement climatique et de toutes les autres contraintes, mais également de la maintenir.

1.3. Les investissements dans la sécurité en eau sont des investissements dans l'adaptation au changement climatique

De la même façon que l'atténuation du changement climatique prend la forme d'une série de changements fondamentaux dans la façon dont les sociétés produisent et utilisent leur énergie, l'adaptation au changement climatique se traduira en partie par une série de changements fondamentaux dans la façon dont les sociétés gèrent et utilisent leurs ressources en eau (et leurs ressources foncières).

Les actions visant à mettre en œuvre une gestion saine de l'eau sont par définition des actions d'adaptation. Une meilleure gestion des ressources en eau est synonyme d'une plus grande résistance aujourd'hui et d'une adaptation plus efficace à l'avenir. Ces actions doivent être guidées par des informations fiables, la science et les meilleures pratiques dans les domaines hydrique et climatique.

L'information est primordiale et la capacité à la comprendre et à l'exploiter l'est encore davantage, compte tenu de la complexité du cycle de l'eau et de la nature des décisions qui doivent être prises afin de le maîtriser. La capacité des institutions dans le domaine de la gestion de l'eau en général, et leurs fonctions de collecte des informations en particulier, ont été mises à l'épreuve dans de nombreux pays. Leur capacité à relever les défis actuels, sans parler des défis futurs, est limitée et doit être renforcée d'urgence. Les coupes budgétaires dont elles ont fait l'objet, souvent en raison de contraintes financières à court terme, ont eu pour conséquence d'accroître la vulnérabilité à long terme des populations et des pays.

De nombreuses réponses aux défis de la gestion de l'eau sont vieilles comme le monde mais les nouvelles circonstances créent de nombreux besoins – et de nombreuses opportunités – pour qui veut innover et penser différemment. Les professionnels comme le grand public doivent avoir accès à la meilleure information possible, y compris celle qui concerne les solutions développées par différentes populations à travers le monde, de façon à choisir les

alternatives les plus appropriées et à ne pas être enfermés dans un avenir sans issue. Il est ainsi nécessaire d'investir davantage dans la collecte et la communication des informations afin d'aider à une meilleure prise de décisions de la part des professionnels comme de la communauté des usagers de l'eau dans son ensemble.

Il y aura un besoin d'institutions fortes afin de recueillir, d'analyser et de traiter les informations.

Les politiques et pratiques du domaine de l'eau doivent avoir pour objectifs de développer les institutions, de faciliter la circulation de l'information et de renforcer les capacités à anticiper, à se préparer et à faire face à la variabilité climatique saisonnière et interannuelle dans le cadre d'une stratégie d'adaptation au changement climatique à long terme. La réalisation des objectifs de sécurité en eau et du développement exige l'existence d'institutions capables d'engager un véritable dialogue avec les usagers de l'eau et les gestionnaires des ressources, pour que tous prennent conscience des incertitudes qui existent, puissent y faire face et se préparent à relever les nouveaux défis qui se présenteront.

Les effets de la variabilité, aggravés par le changement climatique, se feront sentir à différents niveaux et doivent également faire l'objet de mesures à différents niveaux. Les exploitants agricoles, les organisations commerciales, les populations urbaines et les gouvernements nationaux devront tous faire face à ces problèmes et prendre des décisions difficiles. Les décisions des uns et des autres peuvent, indépendamment du niveau où elles sont prises, avoir des conséquences sur la ressource commune, et devront donc être cohérentes pour être efficaces.

Il est important, à cet égard, de créer des institutions de gestion de l'eau efficaces et spécialisées dont les structures de gouvernance aident à la participation des différents acteurs dans la prise de décisions. Ces institutions devraient avoir des relations avec les différents niveaux de l'administration. Elles devraient également, compte tenu de l'impact de la gestion de l'eau sur tant d'autres activités, s'inscrire dans le cadre des compétences élargies du gouvernement.

Les investissements seront nécessaires dans les trois I (information, institutions et infrastructures)

Il est désormais largement admis que, même si elles sont d'une importance capitale et font partie intégrante de toute approche future de gestion de l'eau,

les solutions techniques ne pourront, à elles seules, régler les problèmes hydriques du monde. Toute une série de défis sociaux, économiques et politiques devront être relevés et il existe, pour y parvenir, un éventail tout aussi large d'outils dans le domaine des infrastructures et des institutions.

La réalisation de la sécurité en eau dans le monde exigera des investissements dans les trois I : une *Information* de meilleure qualité et plus accessible, des *Institutions* plus fortes et disposant d'une meilleure capacité d'adaptation, et des *Infrastructures* naturelles et artificielles de stockage, de transport et de traitement de l'eau. Ces besoins se manifesteront à tous les niveaux – au niveau des projets, des populations, des nations, des bassins fluviaux et à l'échelle mondiale. Trouver la bonne combinaison entre investissements dans les institutions et le renforcement des capacités d'une part et dans les infrastructures d'autre part ne sera pas chose facile ; en définir le calendrier, non plus. L'information, la consultation et la gestion adaptative en seront trois aspects essentiels.

Parallèlement, il est probable que des négociations difficiles soient inévitables afin de trouver un équilibre pour définir les priorités entre les trois E: équité, environnement et économie. Ces trois enjeux constituent un indicateur essentiel pour le développement durable de manière générale, et pour la gestion de l'eau en particulier.

'L'art de l'adaptation' dans la gestion de l'eau sera de trouver la bonne combinaison entre les trois I (information, institutions et infrastructures) afin d'atteindre l'équilibre souhaité entre les trois E (équité, environnement et économie).

Encart 2: Décisions d'investissements en période de changement climatique – Lesotho Highlands

En Afrique du Sud, le choix de la source destinée à accroître l'approvisionnement en eau de l'agglomération de Johannesburg et de sa banlieue industrielle est un exemple concret des défis posés par le changement climatique. Deux options principales se présentaient aux autorités :

- *Étendre le Lesotho Highlands Water Project existant, c'est-à-dire prélever une plus grande quantité d'eau sur le système fluvial de la rivière Orange qui prend naissance dans les montagnes du Lesotho et se jette dans l'océan Atlantique à la frontière avec la Namibie, et la transférer dans le système hydrographique du Vaal.*
- *Prélever l'eau de l'autre côté de la ligne de partage des eaux, sur la rivière Thukela et sur d'autres fleuves moins importants qui se jettent dans l'océan Indien sur la côte Est et la transférer elle aussi dans le bassin du Vaal.*

Compte tenu du coût élevé des deux options, supérieur à un milliard de dollars, et de la durée des travaux de planification et de construction (jusqu'à dix ans), les décisions ne pouvaient, dans ces circonstances, être prises à la légère. Les deux options présentaient également des coûts comparables.

Plusieurs facteurs ont affecté la décision, dont les différences des coûts de fonctionnement, une solution nécessitant en effet moins de pompage que l'autre, et des considérations politiques, liées au fait que le traité existant entre le Lesotho et l'Afrique du Sud prévoit une nouvelle phase concernant les transferts existants, et qu'une nouvelle phase apporterait au Lesotho des recettes substantielles. Il est vrai, néanmoins, que les coûts d'investissement constituent toujours un élément important du coût de l'alimentation en eau sur toute la durée de vie de la structure, d'où l'importance des coûts comparatifs des options. Toutefois, les différences apparentes du coût unitaire de l'eau calculé pour chaque projet n'ont aucun sens, si les prévisions hydrologiques sur lesquelles il repose, ne sont pas fiables ni comparables.

La climatologie a été d'une aide limitée pour cette décision. Les prévisions actuelles sur les précipitations suggèrent que les régions situées à l'Ouest et au Sud-ouest de l'Afrique du Sud seront plus sèches, alors que l'Est du pays gardera le même niveau de précipitations, ou sera même plus humide.

Dans ce cas, les prévisions climatiques ont suggéré qu'il pourrait être moins risqué d'opter pour une source fluviale située à l'Est du pays qui, selon les prévisions, sera moins affectée par le changement climatique et aurait l'avantage de maintenir l'équilibre entre différentes sources, le système n'en serait que plus résilient. Ces prévisions n'ont cependant pas pu être prises en compte en raison des résultats contradictoires obtenus par les différents modèles et parce que les informations fiables sur les coûts des projets ont dû être combinées à des informations climatiques qui sont, elles, bien moins précises actuellement. Malgré tout, la décision a finalement été prise de choisir le projet du Lesotho pour d'autres raisons climatiques : les besoins en énergie liés au pompage de l'eau du projet situé à l'Est du pays, ont été considérés comme un problème majeur du point de vue de l'atténuation du changement climatique.

Encart 2: Décisions d'investissements en période de changement climatique – Lesotho Highlands

D'après le Department of Water Affairs and Forestry, les raisons de la sélection de l'option Lesotho Highlands furent les suivantes: « le projet présente de faibles besoins énergétiques car l'eau peut être transférée par gravité en Afrique du Sud sans pompage – contrairement à l'option Tugela qui consomme beaucoup d'énergie car l'eau doit être pompée du fleuve Thukela et amenée au sommet d'une vallée escarpée. Par ailleurs, la capacité de production hydroélectrique de la Phase 1 du Lesotho Highlands Project peut également être accrue. Le projet apportera des avantages considérables au Lesotho et à la région, car il permettra d'éviter l'augmentation des émissions de CO₂ » (conclusions des délibérations du Conseil des ministres, 4 décembre 2008).

Cet exemple illustre pourquoi de nombreux experts soutiennent que les gestionnaires de l'eau ne sont pas encore en mesure, en particulier dans les pays à bas revenus, de tenir compte de l'adaptation au changement climatique dans la conception de leurs projets. Il n'en reste pas moins préférable de concevoir les investissements hydriques à l'aune des futurs régimes climatiques. Le défi actuel consiste ainsi à mieux décrire ces régimes possibles en réduisant l'incertitude, qui augmente à chaque étape du cycle hydrologique – des prévisions de températures aux estimations des précipitations, à leur évaporation, infiltration et écoulement – afin d'obtenir des prévisions raisonnablement fiables en termes de débit fluvial et de volume d'eau souterraine disponible. Une meilleure prévision des flux permettra de mieux les maîtriser.

Sources: Department of Water Affairs and Forestry, Conclusion des délibérations du Conseil des ministres sur l'eau et l'augmentation du Système fluvial Vaal, communiqué de presse, 4 décembre 2008; Mike Muller, 'Adapting to climate change: Water management for urban resilience,' Environment and Urbanization 19, No. 1 (2007): 99-113. 19, Nro. 1 (2007): 99-113.

2. DÉFIS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE POUR LA GESTION DE L'EAU

Nous devons, afin de comprendre les défis auxquels nous sommes confrontés, examiner le changement climatique et ses effets sous plusieurs angles – physique, social et économique. Il est également utile de considérer quelques-unes des autres pressions sur la ressource en eau, qui mettent déjà à mal la capacité de nombreuses sociétés à faire face au changement climatique.

2.1. Les sciences physiques

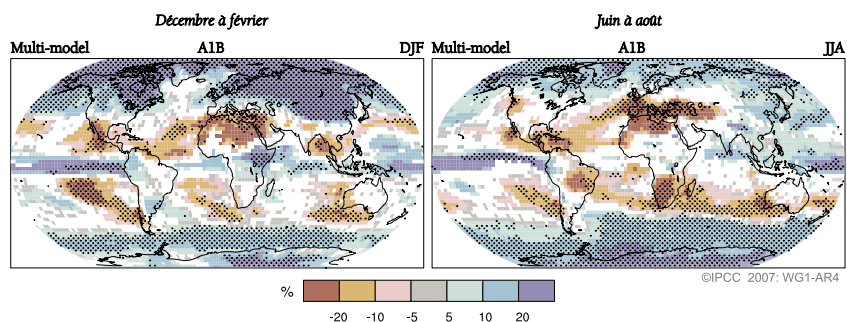
Il existe un consensus général sur le fait que le changement climatique aura des répercussions négatives considérables sur le cycle mondial de l'eau douce. D'après le GIEC :

Les effets négatifs du futur changement climatique sur les systèmes d'eau douce devraient globalement l'emporter sur les avantages (*forte probabilité*) A l'horizon 2050, les terres confrontées à un stress hydrique croissant en raison du changement climatique devraient avoir une superficie plus de deux fois supérieure à celles dont le stress hydrique diminue. Les zones dans lesquelles les écoulements devraient décroître seront confrontées à une réduction importante, en valeur, des services apportés par les ressources en eau. Une augmentation des écoulements annuels dans certaines zones devrait entraîner une augmentation de l'approvisionnement total en eau. Toutefois, cet avantage est susceptible d'être remis en cause dans un grand nombre de régions par les répercussions néfastes d'une plus grande variabilité des précipitations et des changements dans les écoulements saisonniers, sur l'approvisionnement en eau, la qualité de l'eau et les risques d'inondation (*forte probabilité*)⁹.

Les sciences physiques qui associent le changement climatique à l'hydrologie ne sont cependant pas bien comprises. Des efforts significatifs sont nécessaires afin de modéliser et prévoir les changements du cycle hydrologique qui pourraient être causés par le changement climatique – non seulement à l'échelle mondiale, mais également à des échelles permettant la prise de

⁹ Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu et J.P. Palutikof. Eds *Climate Change and Water Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Genève : Secrétariat du GIEC, p.3

Schéma 2. Prévisions de l'évolution des précipitations



Légende: Evolution, en pourcentage, des précipitations au cours de la période 2090-2099 par rapport à 1980-1999. Les valeurs utilisées sont les moyennes de plusieurs modèles sur la base du scénario SRES A1B. Les zones en blanc sont celles pour lesquelles moins de 66% des modèles s'accordent sur le signe de l'évolution, ce pourcentage est d'au moins 90% pour les zones en pointillé.

Source: GIEC, 2007: *Résumé pour les responsables politiques*. Dans : *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor et H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, Etats-Unis.

décisions. La présente section examine certaines des questions techniques clés, à la lumière des conclusions les plus récentes de l'équipe technique du GIEC sur l'eau et le climat.

Modification des modèles de précipitations

Les prévisions de précipitations restent relativement générales. Elles sont également indicatives et non définitives (voir schéma 2). Bien que les prévisions régionales présentent un degré de précision de plus en plus élevé, elles n'ont généralement pas été testées et ne peuvent être utilisées que pour décrire les types de défis susceptibles de se poser. L'autre dimension clé de la variabilité climatique, les prévisions concernant l'augmentation du nombre d'événements climatiques extrêmes, présente également des lacunes similaires.

En avril 2008, l'équipe technique du GIEC intervenant sur cette question s'est limitée à la déclaration suivante :

Les modèles de simulations climatiques pour le 21e siècle prévoient tous des augmentations des précipitations dans les hautes latitudes (très

probable) et dans une partie des zones tropicales et des réductions dans certaines régions subtropicales et régions de latitudes moyennes plus proches de l'équateur (probable). A l'extérieur de ces zones, le signe et la magnitude des prévisions de changements varient entre les modèles. Les prévisions des précipitations sont, dans ces circonstances, très incertaines. Ainsi, les prévisions des futurs changements des précipitations sont plus fiables pour certaines régions que pour d'autres. Plus l'échelle spatiale diminue, et plus les modèles de prévisions diffèrent.¹⁰

De même, le GIEC est parvenu à la conclusion suivante sur la probabilité d'événements climatiques extrêmes :

L'intensité et la variabilité accrues des précipitations devraient, selon les prévisions, accroître les risques d'inondations et de sécheresse dans de nombreuses régions. La fréquence des phénomènes de fortes précipitations (ou la proportion de fortes pluies par rapport aux précipitations totales) augmentera très probablement dans la plupart des régions au cours du 21^e siècle et aura des conséquences sur le risque d'inondations causées par les pluies. Parallèlement, la proportion des surfaces confrontées, à un moment donné, aux sécheresses extrêmes augmentera selon les prévisions (probable), en plus d'une tendance à l'assèchement dans les zones intérieures continentales pendant l'été, en particulier dans les régions subtropicales et celles situées dans les latitudes inférieures et moyennes.¹¹

S'il est difficile de réaliser des prévisions fiables sur l'avenir des précipitations et des tempêtes, il est encore plus difficile de prédire l'impact du changement des températures et des précipitations sur la quantité d'eau disponible issue des fleuves, lacs et sources d'eau souterraines.

Alors que le volume et le moment des précipitations sont d'une importance capitale pour certains usagers de l'eau, notamment les agriculteurs, l'eau consommée par la majorité des usagers provient de ressources en eau superficielle, telles que les fleuves ou les lacs, ou de sources souterraines. Celles-ci sont alimentées par les pluies, cependant, la relation entre volume des précipitations et quantité d'eau disponible dans les fleuves, lacs ou sources souterraines est complexe.

¹⁰ Ibid

¹¹ Ibid

Schéma 3. Prévisions de changement des écoulements au Mexique et en Amérique centrale à l'horizon 2080.



Légende: le Mexique et l'Amérique centrale devraient, selon les prévisions, être confrontés à une réduction significative des écoulements. La réduction conséquente de la quantité d'eau disponible affectera de manière disproportionnée les exploitants pauvres pratiquant l'agriculture pluviale. Même les grandes zones irriguées, comme celles situées dans la région céréalière du Mexique seront affectées.

Source: 'In search of shelter: mapping the effects of climate change on human migration' © by 2008 Cooperative for Assistance and Relief Everywhere, Inc. (CARE). Utilisé avec l'autorisation de l'auteur.

Écoulements et débit

La réduction des écoulements constituera peut-être l'impact le plus grave du réchauffement climatique sur l'environnement hydrique. Le niveau des fleuves monte lorsque les eaux de pluie se déversent dans les cours d'eau ou s'infiltrent dans les aquifères pour ensuite émerger sous forme de sources. Toutes choses égales par ailleurs, un volume moindre d'eau s'écoulera dans les fleuves ou s'infiltrera dans les aquifères plus profonds du fait de l'assèchement des sols et de l'évaporation accrue, conséquences toutes deux liées à un climat plus chaud. C'est pourquoi le changement climatique est 'amplifié' dans le cycle de l'eau.

Toutefois, il est peu probable que les autres 'éléments', comme par exemple les types de végétation ainsi que le moment et l'intensité des précipitations, restent identiques. Les changements de température, des précipitations et des concentrations en CO₂ transformeront la végétation. De même, le changement

des modèles de circulation inhérents au réchauffement atmosphérique généralisé modifiera l'intensité et le moment des précipitations.

Certaines zones plus sèches, notamment l'Afrique sub-saharienne et la région méditerranéenne, mais également l'Asie du Sud et l'Australie devraient probablement être confrontées à des réductions des débits fluviaux de plus de 50%, associées à la transformation de cours d'eau permanents en cours d'eau saisonniers et à l'assèchement définitif d'autres cours d'eau.¹² Cette évolution pourrait avoir des conséquences dramatiques sur les activités humaines et provoquer des changements permanents dans les écosystèmes, y compris l'extinction de nombreuses espèces.

A l'opposé, une augmentation des précipitations intenses provoquera une saturation des sols plus rapide qu'à l'ordinaire. Ainsi, si les pluies se poursuivent, un volume plus important d'eau s'écoulera dans les cours d'eau et les fleuves, causant des inondations plus importantes et plus destructrices

Ces conclusions sont résumées par le GIEC de la façon suivante :

Au milieu du 21^e siècle, les écoulements fluviaux annuels moyens et la quantité d'eau disponible devraient augmenter, d'après les prévisions, en raison du changement climatique dans les régions situées dans les hautes latitudes et dans certaines zones humides tropicales, et diminueront dans certaines régions sèches de latitudes moyennes et dans les régions tropicales sèches. De nombreuses zones semi-arides et arides (par exemple le bassin méditerranéen, l'Ouest des Etats-Unis, l'Afrique australe et le Nord-est du Brésil) sont particulièrement exposées aux effets du changement climatique qui devraient provoquer une diminution de leurs ressources en eau (forte probabilité).¹³

Température, évaporation et aridité

Comme indiqué précédemment, l'un des effets du réchauffement est d'augmenter les taux d'évaporation. Compte tenu du fait que l'équilibre entre évaporation et précipitations détermine si un climat est humide ou aride, l'aridité aura tendance à augmenter dans les zones où le réchauffement n'est

¹² Maarten de Wit et Jacek Stankiewicz, 'Changes in Surface Water Supply Across Africa with Predicted Climate Change,' Science 311, No. 5769 (2006): 1917-1921; publié en ligne le 1er mars 2006 [DOI: 10.1126/science.1119929].

¹³ *Climate Change and Water*, p 3.

pas compensé par une augmentation des précipitations. Une modification de l'aridité aura un impact significatif à la fois sur le ruissellement des eaux de surface et la recharge des eaux souterraines.

L'aridité se définit techniquement comme le taux entre les précipitations et l'évaporation potentielle. La relation est parfaitement illustrée par la 'courbe de Budyko' qui décrit la façon dont les écoulements d'un bassin hydrologique dépendent de l'équilibre entre évaporation potentielle et précipitations. L'évaporation potentielle est déterminée par la quantité d'énergie présente dans un bassin hydrologique – généralement la lumière du soleil. Dans les climats humides, l'évaporation est inférieure aux précipitations, garantissant 'l'écoulement' de l'excès d'eau dans les fleuves et les lacs ou son infiltration dans le sol. Dans les climats arides, l'évaporation potentielle est supérieure aux précipitations et l'évaporation réelle dépend de la quantité d'eau qui peut s'évaporer. L'écoulement ou l'infiltration des eaux de pluies dans les nappes phréatiques ne se produit que lors des périodes pendant lesquelles le volume des précipitations est tel qu'il excède de façon significative l'évaporation.

La compréhension de cette relation constitue déjà un puissant outil de prévision des changements futurs mais présente également des limites. Il est important de noter que les analyses tiennent rarement compte des changements de la végétation.

Modification de la recharge et du stockage des eaux souterraines

L'un des défis les plus complexes dans le domaine de la gestion des ressources en eau est de superviser et de gérer les eaux souterraines, dont de nombreuses populations dépendent pour leur approvisionnement en eau. En raison de leur caractère essentiellement 'invisible', leur utilisation non durable n'est souvent reconnue que lorsque les pompes tournent à vide. Les changements de température et d'utilisation des terres n'affecteront pas seulement le ruissellement des eaux de pluie qui se versent dans les fleuves et les cours d'eau ne sont pas les seuls à être affectés, ils auront également une incidence sur l'infiltration de l'eau dans les formations souterraines.

Dans les zones tempérées et les tropiques humides, l'eau reste présente en surface pendant des jours et des semaines lors des périodes de pluies et peut ainsi s'infiltrer lentement dans les aquifères souterrains. La situation est nettement moins prévisible dans les climats plus secs. Dans les climats plus chauds et plus arides, où les sols sont souvent secs, les premières pluies sont souvent absorbées par les couches supérieures du sol; si cette première pluie est suivie d'une période sèche, la plus grande partie de cette humidité sera

utilisée par la végétation ou s'évaporer dans l'atmosphère. L'eau ne peut s'accumuler en quantité suffisante à la surface et dans les couches supérieures du sol qu'en présence d'un volume relativement important de précipitations concentrées sur quelques jours, permettant ainsi au surplus de s'infiltrer dans les aquifères souterrains.

L'intensité et la durée des précipitations sont des facteurs déterminants dans la proportion des précipitations qui contribuera finalement à la recharge des aquifères, tout comme la sécheresse initiale du sol et la nature de la couverture végétale. La plupart des scénarios prévoient une modification de tous ces éléments.

Qualité de l'eau

La capacité des ressources en eau de surface à recevoir, diluer et éliminer les déchets d'origine humaine dépend de leur volume. Toute réduction du débit des fleuves réduira leurs capacités à diluer les déchets ; des investissements supplémentaires seront alors nécessaires afin d'atteindre les mêmes niveaux de protection environnementale ou de traiter les eaux usées en vue de leur réutilisation.

La modification des écoulements et des températures peut avoir des effets sur la qualité de l'eau qui pourront la rendre inutilisable (comme dans l'agriculture, où la salinité est un critère majeur de viabilité) ou imposer des coûts supplémentaires de traitement aux usagers (comme dans le cas de l'eutrophisation des eaux utilisées à usage domestique).

L'intrusion de l'eau de mer dans les systèmes d'eau douce côtiers est une autre conséquence possible du changement climatique. Ce phénomène ne concernera pas uniquement les zones affectées par l'élévation du niveau de la mer mais également les zones où les débits moins importants des fleuves ne peuvent empêcher le mouvement de l'eau de mer vers l'amont. Ainsi, la quantité d'eau disponible pour l'homme et les écosystèmes dans les zones côtières diminuera au fur et à mesure de l'augmentation de la salinité des estuaires et des eaux souterraines.

Inondations, sécheresses et intensification et augmentation du nombre de tempêtes

L'évolution de l'incidence des inondations et des sécheresses sera un impact immédiat et évident de la modification des précipitations. Le réchauffement climatique entraînera une évaporation plus importante des océans et d'autres sources d'eau, qui à son tour pourra donner lieu à des précipitations plus intenses et plus nombreuses. Ceci aura pour conséquence une plus grande fréquence des

inondations et des sécheresses, actuellement considérées comme des événements rares, et l'apparition de nouveaux phénomènes extrêmes.

A l'image de nombreux effets du changement climatique, les catastrophes climatiques affectent les communautés pauvres de façon disproportionnée. Le Rapport 2008 des Nations Unies sur le développement humain indique que 262 millions de personnes ont été affectées chaque année par les catastrophes climatiques entre 2000 et 2004. Plus de 98% d'entre elles vivent dans les pays en voie de développement.

Fonte des glaciers et des neiges et perte de stockage

Le rétrécissement des glaciers et la réduction du volume de l'eau « stockée » dans les champs de neige constituent l'un des premiers effets attendus du changement climatique sur les ressources en eau. Jusqu'à récemment, le rôle des champs de neige et des glaciers dans l'atténuation de la variabilité des précipitations n'était pas largement reconnu. La menace du changement climatique a toutefois changé la donne.

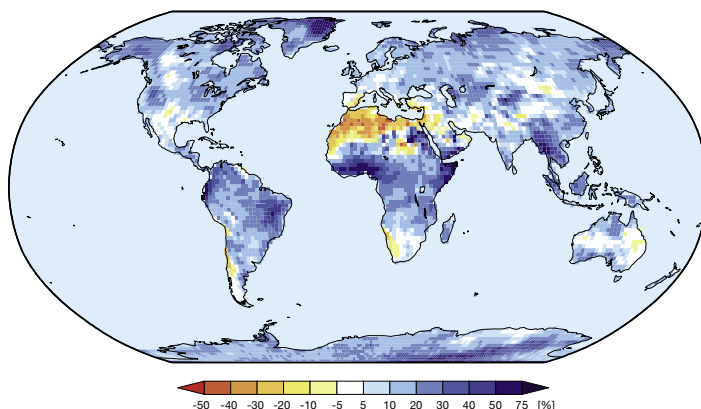
Ces zones servent de vastes réservoirs naturels, collectent et stockent l'eau sous forme de neige l'hiver, et la libèrent sous forme d'eau l'été. D'après la plupart des scénarios de prévision du réchauffement climatique, la fonte des neiges et des glaciers accroîtra dans un premier temps, puis réduira le débit des fleuves pendant plusieurs décennies, provoquant inondations, puis sécheresses. Ce phénomène est également susceptible de provoquer une érosion substantielle des nouvelles surfaces exposées, ce qui affectera la qualité de l'eau.

L'approvisionnement en eau d'un sixième de la population mondiale dépend de la fonte des glaciers et des neiges.¹⁴ Davantage de personnes encore dépendent des fleuves alimentés par la fonte des glaciers et des neiges pour leur approvisionnement en eau, celle utilisée pour l'agriculture, la navigation et l'hydroélectricité. La disparition des glaciers est particulièrement importante dans la région andine d'Amérique latine (voir Encart 3) et la région située à l'Ouest de l'Himalaya en Asie du Sud. Dans les Andes, l'approvisionnement en eau dépend régulièrement directement de la fonte des glaciers et des neiges. La capitale de l'Equateur, Quito, par exemple, tire 50% de son approvisionnement en eau des bassins glaciaires Antizana et Cotopaxi.¹⁵ Dans le bassin fortement agricole de l'Indus, d'une

¹⁴ T. P. Barnett¹, J. C. Adam² y D. P. Lettenmaier: "Efectos potenciales del calentamiento del clima sobre la disponibilidad de agua en regiones donde predomina la nieve" (*Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions*), en *Nature* 438 (2005): 303-309.

¹⁵ W. Vergara, A. M. Deeb, A. M. Valencia, R. S. Bradley, B. Francou, A. Zarzar, A. Grünwaldt, y S. M. Haeussling: "Impactos Económicos del Rápido Retroceso de los Glaciares en los Andes" (*Economic Impacts of Rapid Glacier Retreat in the Andes*), en *Eos Trans. AGU* 88, Nro. 25 (2007): DOI:10.1029/2007EO250001.

Schéma 4. Changement en pourcentage des précipitations annuelles extrêmes selon le scénario A1B.



Légende: les précipitations annuelles extrêmes sont définies ici comme le volume maximal de précipitations au cours d'une période de 5 jours d'une année donnée. Le schéma présente la variation, en pourcentage, entre les moyennes de la période de 30 ans: 2071-2100 et celles de la période 1961-1990.

Source: Andrew Thow et Mark de Blois, 'Climate change and human vulnerability: Mapping emerging trends and risk hotspots for humanitarian actors: Volume 2: Technical annex and additional maps.' Copyright © 2008 Cooperative for Assistance and Relief Everywhere, Inc. (CARE). Utilisé avec l'autorisation de l'auteur.

population de 180 millions d'habitants, jusqu'à 50% du débit du fleuve est attribué à la fonte des glaciers.¹⁶

L'un des risques associés à cette situation est ce que l'on appelle les inondations causées par les débordements des lacs glaciaires (GLOF en anglais). En fondant, les glaciers forment souvent des lacs retenus par des moraines – essentiellement des barrages de terre formés par les rochers et la terre charriés par la progression des glaciers. La fonte des glaciers accroît la superficie de ces lacs, provoquant une montée des eaux qui exerce une pression de plus en plus forte sur ses barrages naturels. Ce phénomène peut provoquer des inondations brutales, imprévisibles et catastrophiques. L'institut ICIMOD (*International Center for Integrated Mountain Development*) a identifié plus de deux cents lacs glaciaires, similaires à ceux de la chaîne de montagnes Hindu-Kush-Himalaya qui menacent de déborder.¹⁷

¹⁶ Mats Eriksson, Xu Jianchu, Arun Bhakta Shrestha, Ramesh Ananda Vaidya, Santosh Nepal, et Klas Sandström, 'The changing Himalayas – Impact of climate change on water resources and livelihoods in the Greater Himalayas.' Document prospectif pour le 5e Forum mondial de l'eau, Istanbul. Katmandu: ICIMOD (2009).

¹⁷ ICIMOD, *Inventory of Glaciers, Glacial Lakes and Identification of Potential Glacial Lake Outburst Flood (GLOFs) Affected by Global Warming in the Mountains of Himalayan Region* (Kathmandu: ICIMOD, 2007). DVD/CD-ROM.

Encart 3 : Effets du changement climatique sur les Andes chiliennes et argentines

La chaîne de montagnes des Andes revêt une grande importance pour les ressources hydrologiques de l'Argentine et du Chili dans la mesure où ses précipitations représentent jusqu'à 80% de l'eau disponible dans les provinces intérieures du centre du Chili et de l'Argentine.

Ces ressources présentent un intérêt particulier pour la région centrale du Chili et les oasis de la région située à l'Ouest de l'Argentine, dans les régions de Cuyo et du nord de la Patagonie. Ces zones,¹⁸ dont le climat est aride ou semi-aride et le régime de précipitations de type méditerranéen, disposent d'une agriculture irriguée hautement productive – 1.300.000 hectares au Chili et environ 400.000 hectares en Argentine dépendent des cours d'eau alimentés pendant le printemps et l'été par la fonte des neiges dans les zones de haute altitude de la chaîne de montagne. Les conditions favorisent également la production hydroélectrique qui atteint respectivement 4,000 MW et 750 MW au Chili et en Argentine.

Les modèles de prévision du changement climatique tablent systématiquement sur une augmentation de la température de l'air et une aggravation de l'aridité de ces zones.¹⁸ Compte tenu de l'importance des ressources en eau pour le développement économique de ces zones, les deux pays ont œuvré à la mise au point de modèles de prévision plus précis afin d'obtenir une représentation plus réaliste des effets du changement climatique sur les Andes à l'échelle du bassin.

Les résultats de cette recherche indiquent qu'à la fin du 21^e siècle, la chaîne de montagne sera confrontée à une augmentation des températures pouvant aller jusqu'à 4°C et à une plus grande variabilité des précipitations, et notamment une baisse de 15% des précipitations sur le versant Est (Chili) et dans la zone montagneuse, et une augmentation des précipitations au niveau du piémont du versant Ouest (Argentine).¹⁹

En raison des caractéristiques hydrologiques de la zone, les prévisions d'augmentation des températures auront des effets fortement amplifiés sur les flux hydriques. Le réchauffement provoque le recul des zones enneigées, réduisant la zone où la neige s'accumule en hiver, et entraîne une augmentation des précipitations sous forme de pluies au lieu de neige. Il accélère également la fonte des neiges. Ainsi, les débits fluviaux augmenteront en été et au printemps et diminueront en automne et en hiver.

Une augmentation des températures de 3°C, même sans aucune modification des précipitations, provoque, dans certains bassins situés au centre du Chili, une augmentation pouvant aller jusqu'à 100% des débits mensuels en hiver, et une diminution d'environ 30% l'été.²⁰ Les simulations réalisées pour la fin du 21^e siècle, qui tiennent également compte de la baisse attendue des précipitations, présentent une diminution des débits estivaux supérieure à 50%.²¹ Le recul observé des glaciers de la zone noircit encore davantage ces sombres prévisions.

¹⁸ Secretaría de Medio Ambiente de la Nación (2009), *Cambio Climático en Argentina*; CONAMA-Chile, *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012*.

¹⁹ PNUD-SECYT (1997). *Vulnerabilidad de los Oasis comprendidos entre 29°S y 38°S ante condiciones más secas en los Andes altos*. Proyecto ARG/95/G/31; Dpto. Geofísica (Universidad de Chile) – CONAMA (2006). *Estudio de la Variabilidad Climática en Chile*, para el Siglo XXI.

²⁰ Humberto Peña (1987). *Sensibilidad del Régimen Hidrológico de la Cuenca del río Maipo frente a un cambio Climático*, 20th Congress of the Chilean Society of Hydraulic Engineering.

²¹ X.Vargas; E. Rubio, G. Mardones y D. Mena (2008). *Análisis del Stress Hídrico en Cuencas Chilenas por Efecto del Cambio Climático*, X Jornadas Francisco Javier Domínguez, Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.

Encart 3 : Effets du changement climatique sur les Andes chiliennes et argentines

L'augmentation des températures a pour conséquence une augmentation de l'évapotranspiration des plantes, qui constitue environ 80% de la demande totale en eau, ainsi la combinaison de cet effet et des changements du volume d'eau disponible a de graves implications pour la sécurité en eau de la région, en particulier pour l'agriculture. La production hydroélectrique ne serait, quant à elle, pas autant affectée car la demande en électricité est plus importante en hiver, saison qui devrait se caractériser par une augmentation des débits fluviaux.

Outre son impact sur le volume d'eau disponible pour les différents usages, l'augmentation des températures aggraverait également le risque d'inondations. Elle pourrait, dans le cas du Chili, gravement compromettre la sécurité de grandes villes situées au pied des Andes. Prenons l'exemple de la capitale du pays, Santiago : l'élévation de la limite des neiges éternelles de 500 mètres, du fait de l'augmentation des températures, comme le prévoient les scénarios de prévision du changement climatique pour la fin du 21^e siècle, multiplierait la surface de la zone d'écoulement par trois. Les déversements ainsi provoqués dépasseraient, pendant les inondations, maintes fois la capacité actuelle du système d'évacuation.²² De même, plusieurs activités et infrastructures situées dans la zone de la chaîne de montagne, telles que les barrages, l'exploitation minière, les routes, les centrales hydroélectriques, les installations touristiques et autres seraient affectées.

Par ailleurs, la transformation d'une hydrologie principalement nivale en une hydrologie principalement basée sur les pluies altère profondément le transport des sédiments et la dynamique géomorphologique des bassins dans son ensemble, ce qui pourrait très fortement affecter les systèmes d'évacuation et les structures de contrôle et de stockage de l'eau.²³

Ces défis et d'autres défis associés au changement climatique ont, ces dernières années, incité les gouvernements chilien et argentin à créer des groupes de collaboration plurisectoriels afin de favoriser l'étude du changement climatique et de formuler des politiques publiques d'adaptation. Différentes actions sont proposées à cet égard; telles que l'élaboration de programmes de surveillance et de recherche, la construction de barrages et, afin de mieux maîtriser les changements saisonniers de débits qui seront provoqués à terme par le changement climatique, le développement des capacités à adapter les types de cultures à l'évolution des conditions climatiques et au volume d'eau disponible, le renforcement des capacités de gestion des ressources en eau en cas de pénurie d'eau, et l'adaptation des infrastructures aux inondations. Ces actions possibles sont toujours à l'étude mais devraient commencer à produire des résultats dans les prochaines années.

Auteur: Humberto Peña

²² Humberto Peña (1989): Aspectos Hidrológicos del Control de Crecidas, *Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica* 4, Nro. 2.

²³ Andrade B. y H. Peña: "Geomorfología e Hidrología Chilena: Respuesta al Cambio Mundial" (*Chilean Geomorphology and Hydrology: Response to Global Change*) en *Respuestas del Sistema de la Tierra al Cambio Global: Contrastes entre América del Norte y América del Sur (Earth System Responses to Global Change: Contrasts between North and South America)*. Harold Mooney, Eduardo Fuentes, Barbara Kronberg (eds.), Londres: Academic Press, 1993.

Suivi du changement – données et hydrologie

Les gestionnaires des ressources en eau doivent être en mesure de surveiller les changements, et de concevoir et soutenir la mise en œuvre des mesures adaptées. Ces fonctions exigent des données détaillées et la capacité à les analyser et les interpréter afin d'orienter la planification et informer l'ensemble de la communauté de leurs implications.

Bien que l'importance du suivi hydrologique ait été soulignée dans toutes les conférences des Nations Unies sur l'eau et le développement durable depuis la conférence de 1977 de Mar del Plata, ces dernières décennies ont été marquées par une réduction des données sur les ressources en eau disponibles dans le monde. En effet, certains éléments suggèrent une forte détérioration de la qualité des données hydrologiques dans de nombreux pays depuis le sommet de Rio de 1992. La plus grande partie des données internationales sur les débits fluviaux à la disposition du Global Runoff Data Centre (Centre mondial de données sur les écoulements) en Allemagne date de plus de trente ans. En 2008, le financement international de l'Environmental Monitoring System Program (GEMS), qui était le dépositaire des données sur la qualité de l'eau dans le monde, a pris fin. Un autre financement a été accordé au programme aujourd'hui, mais ce financement n'est pas suffisant.

Au niveau national, de nombreux pays pauvres en particulier, ont été poussés à laisser à l'abandon les systèmes d'information hydrologique afin de consacrer le peu de ressources existantes aux besoins immédiats. En cas de restrictions budgétaires, l'hydrologie est souvent l'une des premières fonctions sacrifiées. Malheureusement, une fois perdues ou « interrompues », il est très difficile de rétablir les données statistiques. Ce problème n'est pas propre aux pays en voie de développement. Les objectifs en terme de suivi n'ont, en effet, pas été atteints, même dans les pays riches, comme l'ont démontré de récents rapports aux Etats-Unis.²⁴

Ce déclin dans la quantité des données disponibles est dû à plusieurs raisons. Outre le conflit interne et les contraintes budgétaires, il arrive que les données soient disponibles, mais que leur diffusion se heurte à une certaine réticence à les partager avec d'autres acteurs, en raison de l'intensification de la concurrence sur les ressources en eau.

²⁴ Soutien aux programmes hydrométriques (USGS Streamgaging Programs), lettre de petition à l'intention de : Chairman of US Congress committee, House Appropriations Subcommittee on Interior, Environment and Related Agencies, février 2008: à <http://www.asiwpc.org/home/docs/StreamgageLtr2House.pdf>

Certains croient également, et cela est compréhensible, que les technologies de télédétection, qui ont révolutionné les connaissances sur le système atmosphérique, ont eu le même effet pour le système hydrologique – ce qui est malheureusement faux. Bien que des travaux soient en cours pour voir comment la télédétection pourrait être utilisée pour fournir des informations sur les débits fluviaux et la qualité de l'eau, ils ne sont pas encore assez avancés pour permettre une modélisation large et efficace. Même lorsque de nouvelles méthodes seront développées, les observations physiques continueront à être importantes pour comparer les données acquises sur le terrain avec celles obtenues par télédétection.

Le résumé technique du GIEC souligne une fois de plus ces problèmes :

Plusieurs lacunes existent dans les domaines des observations et des besoins de recherche liés au changement climatique et à l'eau. Les données d'observation et l'accès aux données sont des conditions préalables à la gestion adaptative, pourtant de nombreux réseaux d'observation voient leurs activités diminuer. Il est nécessaire de mieux comprendre et modéliser les changements climatiques liés au cycle hydrologique à des échelles permettant la prise de décisions. Les informations sur les effets du changement climatique liés à l'eau sont incomplètes, en particulier en ce qui concerne la qualité de l'eau, les écosystèmes aquatiques et l'eau souterraine, y compris dans leurs dimensions socio-économiques. Enfin, les outils actuels visant à faciliter les évaluations intégrées des options d'adaptation et d'atténuation dans de multiples secteurs dépendants de l'eau ne sont pas appropriés.²⁵

2.2. Les dynamiques sociales et économiques

Les changements constatés en termes de volumes, de dates et de fiabilité des précipitations, et des ressources en eau qu'elles génèrent, affecteront tous les secteurs consommateurs d'eau. Ces effets affecteront, à leur tour, la dynamique plus large des économies nationales ainsi que les besoins environnementaux et sociaux, en particulier dans les sociétés pauvres. En fait, compte tenu de l'importance d'une gestion efficace de l'eau pour la réalisation d'un grand nombre d'Objectifs du millénaire pour le développement, ces effets pourraient également compromettre les progrès réalisés vers l'atteinte de ces objectifs. L'impact du changement climatique sur les ressources en eau a toutefois des implications qui dépassent largement les OMD.

²⁵ *Climate Change and Water*, p 4.

Les changements de la distribution et du moment des précipitations modifieront les conditions d'accès à l'eau, créant de nouveaux surplus dans certaines zones et une concurrence accrue dans d'autres. La maîtrise de ces hydrologies en évolution sollicitera énormément la gestion de l'eau.

La variabilité accrue des précipitations affectera le potentiel de croissance et les coûts associés à la réalisation de la sécurité en eau. Il s'avère que la variabilité peut représenter un plus grand défi que la pénurie d'eau en termes de gestion dans la mesure où les deux cas de figure (manque ou trop d'eau) doivent être maîtrisés, qui plus est, dans un climat plus incertain. Les études ont montré qu'il existe une faible corrélation entre pénurie d'eau et développement économique mais, qu'à l'opposé, la corrélation entre croissance économique et variabilité est évidente (voir Encart 1).²⁶

L'augmentation de la variabilité climatique va de paire avec celle des coûts des infrastructures, de l'information et des systèmes qui sont nécessaires afin d'y faire face. Vu sous un autre angle, dans la mesure où l'augmentation de la variabilité accroît le coût que doivent payer les sociétés qui ne parviennent pas à la maîtriser convenablement, des investissements plus importants devraient être réalisés afin d'éviter une telle situation. L'impact majeur du changement climatique pourrait être, dans un grand nombre de régions, une augmentation du coût des services de l'eau et en particulier du coût nécessaire pour assurer leur fiabilité, non seulement pour l'eau potable mais également pour l'agriculture, l'hydroélectricité et l'industrie.

Plus le coût de l'eau augmentera, plus l'usage de l'eau par les écosystèmes sera soumis à une pression extrême. Peu de pays disposent de mécanismes efficaces permettant de garantir l'approvisionnement adéquat des écosystèmes en eau ; l'usage de l'eau par les écosystèmes est donc généralement sacrifié en premier.

La plus grande fréquence des catastrophes, telles que les inondations et les sécheresses affectera les populations, les conditions de vie, la valeur des ressources foncières et les incitations à l'investissement dans les zones vulnérables. Même si la préparation, les régimes d'assurance ainsi que les interventions dans le domaine de la gestion de l'eau joueront un rôle primordial dans la réduction de ces risques, les perspectives d'avenir des zones de plus en

²⁶ Casey Brown et Upmanu Lall, 'Water and Economic Development: *The Role of Variability and a Framework for Resilience*,' Natural Resources Forum 30, No. 4 (2006): 306-317.

plus vulnérables changeront. Les zones vulnérables accueillent en général les populations pauvres, lesquelles sont moins capables que les populations plus aisées de s'éloigner des dangers ou des conditions incertaines. Plus la vulnérabilité des zones vulnérables s'accroîtra – vulnérabilité aux inondations, à l'élévation du niveau de la mer, à l'intrusion des eaux souterraines, à la disparition des zones arables – plus les pauvres risqueront de souffrir des conséquences du changement climatique de façon disproportionnée.

L'évolution des conditions de sécurité en eau modifiera l'emplacement des activités économiques. L'activité économique migrera, de manière générale, vers les zones où la sécurité en eau est assurée, au détriment des autres. Avec le temps, l'évolution des conditions de sécurité en eau pourra également affecter la structure d'une économie – sa composition sectorielle et les règles qui la régissent – compte tenu de l'impact de l'eau sur la rentabilité des secteurs.

A l'échelle de la planète, il est possible que le commerce de produits intensifs en eau (en « eau virtuelle ») augmente, au fur et à mesure de l'évolution des conditions de sécurité en eau. En l'absence de mesures incitatives, cela devrait mener, dans les zones riches en eau, à une augmentation de la production de biens fortement consommateurs d'eau destinés à l'exportation, et, dans les zones souffrant d'une pénurie d'eau, à une augmentation des importations de produits fortement consommateurs d'eau.

Cette partie examine plus précisément la façon dont le changement climatique affectera, à travers son impact sur les ressources en eau, différents aspects de la vie sociale et économique.

Un contexte urbain en évolution

Bien souvent, l'impact principal du changement climatique sera d'accroître le coût de la fourniture des services, même des services les plus élémentaires, réduisant ainsi l'accès aux services des pays et des populations pauvres. Les zones urbaines subiront, dans les prochaines années, une pression démographique énorme qui mettra les services existants à rude épreuve et renforcera le besoin d'étendre les services – en particulier aux démunis. La population urbaine devrait doubler en Afrique et en Asie entre 2000 et 2030, année où plus de 80% de la population urbaine mondiale vivra dans les pays en voie de développement.²⁷ Les évolutions des

²⁷ UNFPA, *State of World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth*. New York : Fonds des Nations Unies pour la population, 2007.

précipitations et des débits fluviaux auront un impact direct sur les zones urbaines, alors que nombre d'entre elles sont déjà incapables d'assurer des services fiables et abordables.

Les effets du changement climatique ne se limiteront pas à la capacité de fournir l'eau potable mais affecteront également la capacité d'élimination des déchets des grandes agglomérations et les coûts de construction et de maintenance d'autres types d'infrastructure. Certaines répercussions sont évidentes :

- L'approvisionnement en eau des grandes zones urbaines est un service coûteux ; en cas de réduction des ressources en eau disponibles du fait du changement climatique, les grandes conurbations devront modifier leurs modes de consommation ou prélever leur eau dans des zones plus éloignées.
- Toute augmentation de l'intensité des précipitations, et par conséquent des inondations, provoquée par le changement climatique, accroîtra le coût des routes et de l'évacuation des eaux pluviales ainsi que des ouvrages de protection contre les inondations.

Le changement climatique aura également d'autres effets moins directs :

- La réduction des débits fluviaux, et donc de la capacité de dilution, obligera à intensifier le traitement de l'eau afin de maintenir la qualité des eaux réceptrices ou de pouvoir réutiliser l'eau. Or la collecte et le traitement des eaux usées²⁸ par les villes est déjà l'élément le plus coûteux des infrastructures nécessaires à la réalisation des OMD en matière de protection de la santé, d'eau et d'environnement.²⁹ Par ailleurs, étant donné que les coûts de traitement augmentent de façon exponentielle en fonction du degré de traitement requis, le changement climatique pourrait alourdir substantiellement la charge que constitue la réalisation de ces OMD.
- Le risque d'inondations affecte la superficie des terres constructibles, ainsi que les coûts de protection des terres vulnérables contre les inondations (un défi lié mais distinct de celui de l'élévation du niveau de la mer qui concerne de nombreuses villes côtières mais qui n'est pas pris en compte ici).

²⁸ A. Bahri, 'Managing the other side of the water cycle: Making wastewater an asset,' GWP-TEC Background Paper 13. Stockholm: Global Water Partnership, 2009.

²⁹ J. Winpenny, 'Financing water for all,' Rapport du Panel mondial sur le financement des infrastructures de l'eau, présenté lors du troisième Forum mondial de l'eau, 16-23 mars 2003, Kyoto.

- Le transport de l'eau de zones plus éloignées n'augmente pas seulement le coût de l'eau, il étend également la zone faisant l'objet d'une concurrence pour l'eau avec les villes. Cette situation aura des conséquences économiques, que ce soit à travers l'augmentation des prix des produits agricoles ou l'aggravation du chômage dans les campagnes, source potentielle d'exode rural.

Evolution du rôle des grands secteurs industriels, usagers et pollueurs majeurs de l'eau

L'impact du changement climatique n'épargnera pas les industries fortement consommatrices d'eau. La sécurité en eau est de plus en plus considérée comme une question liée à la chaîne d'approvisionnement dans le secteur privé.³⁰ La demande croissante en eau et l'incertitude concernant la quantité et la qualité des ressources en eau disponibles aux usagers industriels peuvent en effet menacer la production industrielle. L'évolution des caractéristiques de l'eau utilisée par l'agriculture et des besoins agricoles en eau constituera un obstacle supplémentaire pour l'agriculture industrielle et l'agroalimentaire. Face à cette situation, de nombreux secteurs industriels s'efforcent actuellement de garantir leurs droits d'eau et de minimiser leur 'empreinte sur l'eau'. En outre, des alliances d'entreprises du secteur des produits alimentaires et des boissons, telles que la *Sustainable Agriculture Initiative* ont commencé à investir dans la formation en gestion de l'eau à l'intention des agriculteurs de leur chaîne d'approvisionnement.

Traditionnellement, de nombreux secteurs industriels importants – des textiles à la transformation du cuir en passant par la production de pâte à papier, de papier et d'acier - utilisaient non seulement d'importants volumes d'eau dans leurs processus de production mais rejetaient également d'importantes quantités d'effluents, qui polluaient les cours d'eau dans lesquels ils étaient déversés et, dans certains cas extrêmes, rendaient les eaux réceptrices complètement inutilisables. Les inquiétudes croissantes concernant l'impact sur l'environnement, également liées au changement climatique, ont contribué à l'adoption d'une approche plus responsable, souvent guidée par des réglementations nationales rigoureuses, en particulier dans les pays riches, en Europe et en Amérique du Nord.

³⁰ Foro Económico Mundial: "Gestión de Nuestras Necesidades Hídricas Futuras para la Agricultura, la Industria, la Salud Humana y el Medio Ambiente" (*Managing Our Future Water Needs for Agriculture, Industry, Human Health*)

Tableau 1. Typologie des effets du changement climatique sur les principaux systèmes agricoles

Système	Statut actuel	Facteurs de changement climatique	Vulnérabilité	Adaptabilité
Système reposant sur la fonte des neiges				
Indus	Très développé, pénurie d'eau émergente. Contraintes en termes de sédiments et de salinité.	Augmentation des flux depuis 20 ans suivie par une réduction substantielle de la recharge des eaux de surface et des eaux souterraines. Altération de la saisonnalité des écoulements et des débits de pointe. Augmentation des précipitations dans les zones enneigées. Augmentation des débits de pointe et des inondations. Salinité accrue. Baisse de la productivité par endroits.	Très forte (cours du fleuve). Moyenne élevée (barrages).	Posibilidad limitada para la adaptación (toda la infraestructura ya construida)
Ganges-Brahmaputra	Potentiel important en termes d'eaux souterraines, problèmes avérés de qualité d'eau. Faible productivité.		Elevée (diminution du niveau des nappes phréatiques).	Media (aún con posibilidades para el aprovechamiento o del agua subterránea)
Nord de la Chine	Pénurie d'eau extrême, productivité élevée.		Elevée (implications à l'échelle mondiale, forte demande alimentaire avec une grande influence sur les prix)	Media (la adaptabilidad está aumentando debido al aumento de la riqueza).
Fleuves Rouge et du Mékong	Productivité élevée, risque élevé d'inondations, mauvaise qualité de l'eau.		Moyenne.	Moyenne.
Fleuve Colorado	Pénurie d'eau, salinité.		Faible.	Moyenne, pression excessive sur les ressources.
Deltas				
Ganges-Brahmaputra	Densité démographique, faible volume des eaux souterraines, surexploitation. Possible adaptation aux inondations ; faible productivité.	Elévation du niveau de la mer. Hausse du nombre de tempêtes et endommagement des infrastructures. Fréquence plus élevée des cyclones (Asie de l'Est et du Sud-est). Intrusion saline dans les eaux souterraines et dans les fleuves. Fréquence accrue des inondations. Augmentation potentielle de la recharge des eaux souterraines.	Très élevée (inondations, cyclones).	Faible sauf pour la salinité.
Bassin du Nil	Très dépendant des écoulements et du stockage d'Assouan – peut être sensible au développement en amont.		Elevée (pression démographique).	Moyenne.
Fleuve Jaune	Pénurie sévère d'eau.		Elevée.	Faible.
Fleuve Rouge	Irrigation et drainage par pompage adaptés mais coûteux.		Moyenne.	Elevée sauf pour la salinité.
Fleuve du Mékong	Utilisation appropriée des eaux souterraines dans le delta ; sensibilité au développement en amont.		Elevée.	Moyenne.

Système	Statut actuel	Facteurs de changement climatique	Vulnérabilité	Adaptabilité
Tropiques semi-arides et arides : fonte des neiges limitée et eaux souterraines limitées				
Zone de mousson : sous-continent Indien	Faible productivité. Bassin surexploité (eaux de surface et souterraines).	Augmentation des précipitations, augmentation de la variabilité des précipitations et de l'incidence des sécheresses et inondations. Réchauffement.	Elevée.	Faible (irrigation de surface) ; moyenne (irrigation par les eaux souterraines).
Zone sans mousson : Afrique sub-saharienne	Sols de mauvaise qualité. Systèmes de maîtrise des eaux torrentielles. Suralimentation en eau et pression démographique par endroits. Insécurité alimentaire répandue	Augmentation de la variabilité des précipitations et de fréquence des sécheresses et inondations. Baisse des précipitations, réchauffement, réduction des écoulements.	Très élevée. Diminution des rendements des systèmes pluviaux. Volatilité accrue de la production.	Faible.
Zone sans mousson : Régions Ouest et Sud de l'Australie	Systèmes de maîtrise des eaux torrentielles, suralimentation en eau. Concurrence des autres secteurs.		Elevée.	Faible.
Tropiques humides				
Riz : Asie du Sud-est	Irrigation de surface. Productivité élevée mais stagnante.	Augmentation des précipitations, augmentation marginale des températures. Accroissement de la variabilité des précipitations et de l'incidence des sécheresses et inondations.	Elevée.	Moyenne.
Riz : Chine du Sud	Usage conjoint des eaux de surface et souterraines. Faible production par rapport à la Chine du Nord.		Elevée.	Moyenne .
Méditerranéen				
Europe du Sud	Pression de plus en plus forte sur l'eau.	Réduction significative des précipitations et augmentation significative des températures. Stress hydrique accru. Diminution des écoulements. Perte des réserves d'eaux souterraines.	Moyenne.	Faible.
Afrique du Nord	Forte pénurie d'eau.		Elevée.	Faible.
Asie occidentale	Forte pression sur l'eau.		Faible.	Faible.
Petites îles				
Petites îles	Ecosystèmes fragiles, épuisement des ressources en eaux souterraines.	Elévation du niveau de la mer, intrusion de l'eau de mer. Fréquence accrue des cyclones et ouragans.	Elevée.	Variable.

Source: Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, 3e Rapport sur la mise en valeur des ressources en eau : l'eau dans un monde qui change (Paris: UNESCO, et Londres: Earthscan, 2009), p. 114.

Face à cette situation, les entreprises industrielles ont cherché à adapter leurs méthodes de production afin de réduire à la fois leur consommation et leurs rejets d'eau – en adoptant même dans certains cas des processus en circuit fermé sans aucun rejet. Bien qu'il soit souvent possible de réaliser une production pratiquement nulle en effluents, cela exige un degré d'innovation et des investissements substantiels. Les implications des différentes normes nationales en terme de compétitivité ont déjà donné lieu à des efforts soutenus visant à établir des normes qui permettent d'évaluer – et de faire pression sur – les industries de façon à ce qu'elles améliorent leurs performances.

Une agriculture en évolution

L'agriculture est le secteur économique qui, dans la plupart des pays, prélève le plus d'eau à partir des fleuves et des nappes phréatiques, à l'exception de la culture sèche qui consomme directement l'eau de pluies. Elle est également souvent le principal employeur dans les pays les plus pauvres.

Le changement climatique affectera l'agriculture de nombreuses façons, ainsi qu'il en ressort du dernier Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau (voir tableau 1).

Les défis auxquels sont confrontés les agriculteurs qui pratiquent la « culture sèche » et ceux qui pratiquent l'irrigation ont les mêmes origines. Ils sont toutefois souvent très différents. Les agriculteurs pratiquant la culture sèche sont affectés à la fois par la variabilité des précipitations à court et long terme. Les agricultures qui pratiquent l'irrigation disposent de mécanismes qui les protègent des variations à court terme, mais sont peut-être encore plus vulnérables en cas de phénomènes climatiques tout à fait extrêmes et de ruptures d'approvisionnement. En outre, tous les agriculteurs sont vulnérables face aux dégâts causés par les vents, les tempêtes et les inondations extrêmes.

Dans ce contexte, l'agriculture est avant tout une affaire de gestion des risques. Chaque saison, les agriculteurs pratiquant la culture sèche doivent prendre une décision malgré l'incertitude. Planter trop tôt peut empêcher les pousses de se développer si l'humidité du sol n'est pas adaptée ou en cas de période sans pluie tôt dans la saison. Planter trop tard risque de ne pas laisser assez de temps aux cultures d'arriver à maturité ou d'accroître leur vulnérabilité face aux insectes nuisibles et aux maladies.

Le changement climatique pourrait, dans ces circonstances, avoir des conséquences catastrophiques. Des études régionales suggèrent que, d'après le pire des scénarios, les revenus nets des cultures pourraient chuter de 90% en Afrique sub-saharienne à l'horizon 2100 et que cet effondrement des revenus affecterait en particulier les petites exploitations. Ceci aurait des implications dramatiques³¹ pour les conditions de vie de la population, même s'il est possible que les mesures d'adaptation puissent réduire ces effets négatifs.

Les grands exploitants se protègent de ces incertitudes chaque saison en recourant à l'assurance et à d'autres instruments financiers, ainsi qu'à la technologie. Ces options sont souvent hors de portée des petits exploitants aux revenus moins élevés. Toutefois, les prévisions météorologiques à court et moyen terme peuvent fournir aux exploitants des informations sur les tendances saisonnières leur permettant de planter au bon moment.

Il est possible, dans certaines régions, de prévoir les tendances météorologiques à plus long terme avec un certain degré de précision, et ainsi d'aider les exploitants pratiquant la culture sèche à prendre des décisions saisonnières. Toutefois, la valeur des prévisions à long terme a tendance à se limiter à certaines zones et certaines saisons, et sont malgré tout souvent peu fiables. Les prévisions à long terme sont souvent si générales qu'elles n'ont pratiquement aucune valeur pour la planification de la production pluviale (les prévisions pour l'Afrique australe par exemple donnent simplement une estimation de la probabilité de précipitations normales, supérieures ou inférieures à la moyenne ; de telles prévisions ne présentent que très rarement une probabilité supérieure à 50%).³²

La sélection des cultures et des variétés de grains plus adaptées aux nouvelles conditions est également un moyen de faire face au changement climatique. Une fois de plus, les grandes exploitations commerciales sont davantage en mesure de s'adapter. La capacité des agriculteurs à bas revenus et des pays pauvres à faire face au changement climatique est plus limitée. Il est possible que les variétés traditionnelles de semences, même lorsqu'elles sont conservées, ne soient plus adaptées à leurs zones d'origine. Par ailleurs, les services de recherche et de vulgarisation agricole, qui devraient mener le

³¹ Voir par exemple, Peter G. Jones et Philip K. Thornton, 'Croppers to livestock keepers: livelihood transitions to 2050 in Africa due to climate change,' *Environmental Science & Policy*, Volume 12, 4e édition, juin 2009, Pages 427-437.

³² Voir par exemple la déclaration du 12e Southern Africa Regional Climate Outlook Forum (SARCOF-12) organisé à Pretoria, Afrique du Sud les 27 et 28 août 2008, http://www.sadc.int/dmc/SARCOF/Sarcof12_Statement28_08_09.pdf.

processus d'identification des options possibles et soutenir les exploitants agricoles pour qu'ils les adoptent, ont souvent connu des compressions de personnel.

Evolution de l'économie de l'irrigation, la valeur croissante de la certitude

Face à la menace d'une variabilité accrue des précipitations et des débits fluviaux, la réponse logique est d'investir afin de renforcer la capacité à gérer l'eau, en d'autres termes, de payer afin de bénéficier d'une sécurité et d'une fiabilité accrues. Ceci n'implique pas nécessairement de stocker l'eau dans de grands barrages – il existe de nombreux systèmes agricoles locaux reposant sur la construction de petits réservoirs locaux dont le but est de sécuriser l'approvisionnement en eau pendant les saisons sèches. En effet, le stockage local présente l'avantage – à condition que les précipitations locales soient appropriées – de ne pas nécessiter de grands travaux afin d'acheminer l'eau du cours d'eau jusqu'au champ.

Cette option est toutefois complexe, en particulier dans les régions arides et confrontées à un stress hydrique, où la plus grande partie de l'eau disponible est déjà utilisée. Un grand nombre de petits barrages peu profonds perdent beaucoup plus d'eau par évaporation qu'un seul grand barrage profond et les conditions d'aridité accrue accentueront ce phénomène. Le stockage d'eau souterraine est une autre option locale. Cependant, la construction de structures visant à augmenter la recharge réduira également l'écoulement des eaux de pluies, ce qui peut avoir des conséquences néfastes sur les usagers de l'eau en aval.

Même si l'irrigation, issue des débits fluviaux ou de l'eau stockée naturellement en sous-sol ou artificiellement dans des réservoirs aménagés par l'homme, semble plus fiable que les précipitations, sa fiabilité peut être trompeuse. Dans les cas où l'eau est prélevée directement sur des cours d'eau, l'irrigation est vulnérable aux sécheresses importantes. Lorsque l'irrigation est issue de réservoirs de stockage, il est souvent possible d'avertir, d'une saison à l'autre, d'un risque de pénurie d'eau, mais les exploitants ne peuvent compter sur de tels systèmes d'alerte précoce si le contrôle de la gestion de l'eau n'est pas adapté.

Les nappes phréatiques présentent une situation similaire. Les populations disposant d'importantes ressources en eau souterraine ont la chance de ne pas avoir à stocker l'eau ni à la transporter sur de longues distances. C'est pourquoi un grand nombre de ces populations ont développé une agriculture florissante, basée sur le prélèvement des eaux souterraines locales, et soutenue par une technologie de pompage plus performante et un accès (fréquent) à une énergie de pompage subventionnée.

L'autre avantage est que le cycle de l'eau souterraine est plus lent que celui de l'eau de surface. Par conséquent, les périodes de sécheresse n'affectent pas immédiatement les réserves d'eau souterraine, à la différence du stock d'eau de surface. Toutefois, ce dernier point peut également être un inconvénient dans la mesure où il est plus difficile de visualiser et de contrôler les ressources souterraines.

Dans ces circonstances, de nombreuses régions qui dépendent fortement des nappes phréatiques surexploitent leurs ressources en eau tout en ignorant souvent les risques encourus. Le Nord de la Chine, une partie importante de l'Inde et la plus grande partie du Moyen-Orient ainsi qu'une partie importante de l'Ouest des Etats-Unis 'surexploitent' systématiquement leurs réserves. De nombreuses régions courent à la catastrophe à moins d'adapter leur consommation actuelle au niveau de recharge de l'aquifère. Le changement climatique rend la gestion des eaux souterraines encore plus incertaine.

Les moyens d'existence d'un grand nombre d'exploitants et de populations dépendent de plus en plus de l'eau issue des sources de stockage ou souterraine, au détriment des eaux de pluies. En général, lorsque les prix des produits agricoles garantissent une rentabilité suffisante et que le coût ou la rareté de l'eau constituent une motivation suffisante, les populations se sont montrées prêtes à investir afin d'améliorer l'efficacité de l'eau. Les investissements dans la gestion de l'eau réalisés par les exploitants agricoles, à titre individuel ou collectif, leur ont permis d'augmenter durablement leur production et de résister aux aléas et à la variabilité climatique. Lorsqu'ils réalisent leurs propres investissements, les exploitants agricoles sont souvent très conscients du coût de l'eau qu'ils consomment et sont plus susceptibles de l'utiliser de façon plus efficace.

L'agriculture irriguée est un élément essentiel de la production alimentaire mondiale et sera, d'après la FAO, encore plus importante à l'avenir. Les pays en voie de développement devraient, selon les prévisions, étendre les zones irriguées de 20% avant 2030.³³ Aujourd'hui, 40% de la production agricole est issue des 16% de terres agricoles irriguées³⁴ et à l'échelle mondiale, la superficie des surfaces irriguées a régulièrement augmenté, de 5% tous les dix ans.

³³ FAO, 'World Agriculture: Towards 2015/2030', Rome: FAO, 2002.

³⁴ David Tilman, Kenneth G. Cassman, Pamela A. Matson, Rosamond Naylor et Stephen Polasky, 'Agricultural sustainability and intensive production practices', *Nature* 418, (8 août 2002): 671-677.

Tableau 2 : Capacité de production d'énergie renouvelable raccordée au réseau électrique en 2003

Type de production (gigawatts)	Capacité mondiale	Capacité des pays en voie de développement (gigawatts)
Petite hydroélectricité	56.0	33.0
Energie éolienne	40.0	3.0
Energie biomasse*	35.0	18.0
Energie géothermique	9.0	4.0
Energie solaire photovoltaïque	1.1	<0.1
Energie solaire thermique (Raccordée au réseau électrique)	0.4	0
Capacité électrique totale issue des Nouvelles sources d'énergie renouvelable	141.5	58.0
<i>A titre de comparaison:</i>		
Grande hydroélectricité	674.0	303.0
Capacité totale de production électrique	3,700.0	1,300.0

*N'inclut pas la combustion des déchets solides municipaux et de l'énergie issue du gaz de décharge.
Source: *LEau, une Responsabilité partagée : 2e Rapport sur la mise en valeur des ressources en eau* (Paris: UNESCO et New York: Berghahn Books, 2006), p. 315.

Les investissements permettant d'améliorer la productivité et de renforcer la capacité à maîtriser la variabilité climatique et les risques constituent potentiellement un important instrument de réduction de la pauvreté. Ils peuvent également contribuer substantiellement à donner au monde la capacité de nourrir une population croissante. Toutefois, plus la variabilité climatique augmentera, plus le coût des méthodes basées sur la construction d'infrastructures augmentera lui aussi.

Ainsi, la variabilité climatique pourrait aggraver la pauvreté et réduire la capacité à satisfaire les besoins alimentaires du monde, à moins que des mécanismes ne soient développés afin de compenser cette tendance.³⁶

La situation économique n'est en aucun cas catastrophique dans la mesure où la production agricole est susceptible de bénéficier du changement climatique

³⁶ Par exemple, C. Brown et M. Carriquiry (2007), 'Managing hydroclimatological risk to water supply with option contracts and reservoir index insurance, *Water Resour. Res.*, 43, W11423.

dans certaines régions du monde. Aussi devrait-il être possible de continuer à garantir l'approvisionnement alimentaire malgré le changement des modes de production.³⁷ Les conséquences sociales de telles transformations pourraient toutefois être dramatiques car elles compromettraient les moyens d'existence et la sécurité alimentaire, voire l'avenir à long-terme de certains des pays et des populations les plus pauvres du monde.

Une hydroélectricité en évolution, la demande d'énergie renouvelable

L'hydroélectricité reste de loin la première source d'énergie renouvelable et non émettrice de CO₂ dans le monde (voir tableau 2). L'exploitation de l'énergie potentielle de l'eau, lors de sa descente vers la mer, permet d'obtenir une source fiable et flexible d'électricité et contribue à remplacer l'utilisation des combustibles fossiles ou de l'énergie nucléaire. La production hydroélectrique permet de surmonter le plus grand obstacle lié à l'utilisation des énergies renouvelables : elle peut en effet être 'stockée' en quantité importante dans les barrages et réinjectée dans les turbines en cas de besoin de production. En effet, l'accumulation par pompage, qui fait déjà partie intégrante de nombreux réseaux électriques conventionnels, est un moyen des plus flexibles et rentables de stocker l'énergie par rapport aux sources d'énergie renouvelable plus récentes et plus variables, telles que l'énergie solaire et éolienne.

Le développement de l'hydroélectricité présente un énorme potentiel et constitue une stratégie évidente à la fois en matière de promotion de l'adaptation au changement climatique (lorsque les barrages polyvalents présentent des avantages en terme de maîtrise des sécheresses et des inondations) et de l'atténuation du changement climatique à travers le développement de sources d'énergie renouvelable. D'après l'International Energy Agency, la production électrique issue de l'hydroélectricité et des autres sources d'énergie renouvelable devrait croître à un taux annuel de 1,7% de 2004 à 2030, soit une augmentation totale de 60% à l'horizon 2030.

Toutefois, le développement de l'hydroélectricité présente de nombreux défis. L'exploitation du débit fluvial exige de le capter, de le contrôler et souvent de le stocker, ce qui nécessite d'importants ouvrages. En outre, bien que les frais de fonctionnements soient relativement faibles une fois l'ouvrage construit, le coût de financement initial est élevé. Dans bien des cas, les coûts sociaux

³⁷ Evaluation approfondie de la gestion de l'eau dans l'agriculture, *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, (London: Earthscan, et Colombo: International Water Management Institute, 2007).

Encart 4 : La pénurie d'eau provoque des problèmes d'approvisionnement électrique dans les pays qui dépendent de l'hydroélectricité

L'approvisionnement électrique de l'Ouganda, déjà perturbé par les retards de construction d'un barrage juste en aval de la centrale existante d'Owen Falls, a de nouveau souffert lors de la baisse sans précédent, de deux mètres, du niveau du Lac Victoria au début des années 2000. Au Malawi, le Lac Malawi, principale source d'électricité du pays, a été confronté à des problèmes similaires alors qu'au Kenya, le coût élevé de l'électricité a triplé suite à la baisse de la production

peuvent l'être encore plus. En Chine, le programme des trois Gorges, qui génère à lui seul plus d'énergie que ce que consomme la plupart des pays, le relogement de plus d'un million de personnes affectées par le barrage et les mesures d'atténuation environnementale ont eu un coût supérieur à celui de la construction du barrage et de la centrale électrique.³⁸

L'incertitude liée aux futurs débits fluviaux est un défi de plus en plus important pour la conception, la promotion et le fonctionnement des installations hydroélectriques. Le changement climatique exige de revoir à la fois à la hausse et à la baisse les hypothèses concernant le volume d'eau qu'il est possible de stocker et de réinjecter dans les turbines existantes. De nombreux pays qui dépendent de l'hydroélectricité ont déjà dû réduire leur production électrique en raison de baisses sans précédent du volume d'eau disponible (voir Encart 4).

Un autre motif d'inquiétude est lié au fait que les barrages sont conçus pour résister aux 'inondations maximales probables', calculées sur les estimations basées sur des schémas hydrologiques passés. Là encore, ces estimations devront être révisées à la lumière du changement climatique afin de déterminer si la marge de sécurité est toujours appropriée ou si les règles de fonctionnement doivent être révisées. L'évolution des régimes de débit modifiera également la viabilité économique des programmes hydroélectriques et pourrait réduire ou augmenter leur potentiel de production. Quant aux nouveaux programmes, le changement climatique rendra la prise de décision plus incertaine.

Par ailleurs, malgré un large consensus sur le besoin de produire une énergie propre, l'hydroélectricité reste controversée, en grande partie en

³⁸ Yang Xiaoli et Mike Muller, 'Taming the Yangtze River by enforcing infrastructure development under IWRM' dans *Integrated Water Resources Management in Practice Better Water Management for Development*, Roberto Lenton et Mike Muller (eds.), Londres : Earthscan, 2009.

Encart 5 : La controverse du grand barrage de Mphanda Nkuwa au Mozambique

Mphanda Nkuwa est un exemple de projet retardé, en partie par la controverse sur les grands barrages et la question de savoir si la grande hydroélectricité peut être considérée comme renouvelable. Mphanda Nkuwa est, au regard des critères internationaux, un grand projet hydroélectrique d'une capacité prévue de 1,300 MW, c'est-à-dire légèrement inférieure à celle de Cahora Bassa qui a été mis à l'étude au milieu des années 70 et dont la capacité installée est de 2,075 MW.

Situé sur le Zambèze entre Cahora Bassa et Tete, Mphanda Nkuwa est considéré comme l'un des projets non exécutés les plus intéressants au monde. Le risque hydrologique a été limité et a fait l'objet d'un examen approfondi à travers l'étude d'une série de débits fluviaux de longue durée. Le risque géologique est faible et le site du barrage peut être aménagé au coût de 640US\$ par kilowatt de capacité installée, coût nettement plus intéressant que celui de l'énergie à base de charbon, d'autant plus que les coûts de fonctionnement sont bien moins élevés. Grâce à la régulation du Zambèze par les barrages existants en amont, tels que Cahora Bassa, Kariba et Kafue Gorge, le projet peut prendre la forme d'une centrale hydroélectrique au fil de l'eau et nécessite un petit réservoir par rapport à sa taille. Le projet présente également des effets néfastes très limités pour l'environnement et n'affecte que très peu de personnes.

Sa construction a pourtant été retardée pendant des années, au moment où les problèmes régionaux d'approvisionnement électrique donnaient lieu à un investissement massif dans les centrales au charbon dont les effets sur le changement climatique sont néfastes.

raison des objections environnementales sur l'impact des barrages sur les écosystèmes des fleuves (lié à la fragmentation et la modification des régimes de débit) ainsi que, dans certains cas, à l'impact sur les populations déplacées par leur construction. Il a également été suggéré que la putréfaction de la végétation dans les bassins des barrages peut produire du méthane, un gaz à effet de serre, bien que de récentes analyses du cycle de vie suggèrent que les projets hydroélectriques émettent un faible volume total net de gaz à effet de serre.³⁹

Les controverses liées aux grands barrages ont abouti à la décision par la communauté internationale de ne pas reconnaître la 'grande' hydroélectricité

³⁹ Le GIEC ne considère pas que le méthane généré dans les réservoirs comme une source importante de gaz à effet de serre et remarque que 'même si des gaz à effet de serre devraient être émis par les nouveaux projets hydroélectriques à l'avenir, en particulier dans les zones tropicales... en l'absence de données de terrain plus approfondies, de tels projets sont considérés comme une plus faible source d'émissions de CH₄ par rapport aux autres secteurs de l'énergie ou activités agricoles'. La production hydroélectrique n'est, par conséquent, pas considérée comme une catégorie séparée d'émission dans le Rapport spécial sur les scénarios d'émissions. Voir le rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions, UNEP/WMO 2006.

Encart 6. Financement de l'hydroélectricité et du changement climatique

Bien que l'hydroélectricité soit essentiellement une source d'énergie renouvelable, les investissements hydroélectriques ne peuvent actuellement bénéficier des financements en faveur de l'atténuation du changement climatique que s'ils respectent un ensemble très contraignant de conditions, dont les caractéristiques sont présentées ci-dessous :

- Les projets hydroélectriques 'trop importants' sont en réalité exclus du financement du Mécanisme pour un développement propre à moins de répondre à des critères précis de 'densité d'énergie', liés à la superficie du lac par unité d'énergie générée ;
- Le cadre du Système d'échange de quotas d'émissions de l'Union européenne (le plus grand système d'échange multinational de quotas d'émissions au monde) restreint davantage l'accès des projets hydroélectriques supérieurs à 20MW au MDP, en exigeant qu'ils se conforment aux lignes directrices et critères internationaux correspondants, y compris ceux définis dans le rapport de la Commission mondiale des barrages (WCD) publié en 2000. Comisión Mundial de Presas (2000);
- Des contraintes similaires existent aux Etats-Unis où l'actuelle loi américaine sur le changement climatique ne considère renouvelable que la production hydroélectrique supplémentaire directement issue des gains de productivité.

La contribution des fonds du CDM à un projet hydroélectrique a généralement pour effet d'accroître son retour sur investissement de 2 ou 3 %, selon l'IHA – assez pour transformer un projet financièrement peu intéressant en un projet rentable. Ainsi, les restrictions directes et les coûts de transaction imposés par le critère général d'accès au CDM limitent les avantages potentiels de l'hydroélectricité :

- Ils empêchent les activités bénéfiques potentielles d'atténuation qui réduiraient les émissions de gaz à effet de serre ;
- Ils augmentent le coût de l'énergie pour les populations qui n'ont d'autre option que de recourir à l'énergie thermique ; et
- Ils limitent les possibilités de financement des projets polyvalents de mise en valeur des ressources en eau qui présentent des avantages en matière d'adaptation pour les populations pauvres.

La situation change sur plusieurs plans :

- Même si le rapport du WCD ne s'est pas révélé être un outil particulièrement pratique sur les plans de la conformité/administratif, un résultat du processus de WCD a été d'obliger le secteur hydroélectrique à aborder, plus ouvertement et plus directement, sa performance sous l'angle de la durabilité.
- L'arrivée de pays émergents de premier plan, par exemple la Chine et les pays du Moyen-Orient, a modifié le paysage du financement/aide bilatéraux pour le développement des infrastructures, y compris l'hydroélectricité.

Encart 6. Financement de l'hydroélectricité et du changement climatique

- Cela explique peut-être pourquoi les pays d'Europe et d'Amérique du Nord sont aujourd'hui davantage disposés à revoir leur approche.

Le Forum d'évaluation de l'hydroélectricité révisé actuellement les lignes directrices relatives à la durabilité du secteur hydroélectrique (2004) et le Protocole sur l'évaluation de la durabilité du secteur de l'hydroélectricité (HSAP) (2006). Les membres de ce Forum incluent des représentants des gouvernements des pays développés et en voie de développement ; du secteur de l'hydroélectricité ; des ONG intervenant dans le domaine social et environnemental, dont WWF et The Nature Conservancy, ainsi que des banques commerciales et de développement. Le projet vise à établir un outil reconnu d'évaluation de la durabilité afin de mesurer et d'orienter les performances du secteur de l'hydroélectricité.

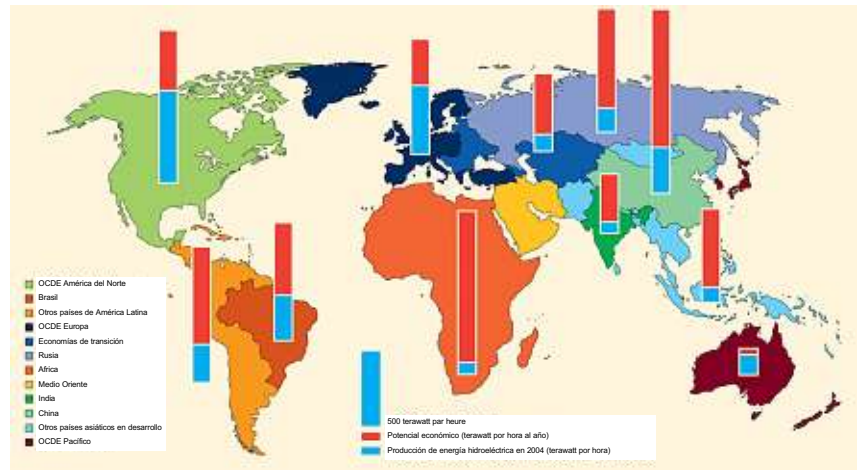
Par ailleurs, un projet de recherche est actuellement mené conjointement par le Programme hydrologique international de l'UNESCO et l'IHA afin d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre des réservoirs, qui ont été avancées comme un motif à la limitation du développement de la grande hydroélectricité.

La question de l'émission des gaz à effet de serre par les réservoirs d'eau douce joue un rôle important dans ces débats ; cependant, un problème majeur se pose aujourd'hui car **les modalités de mesure des émissions de gaz à effet de serre par les réservoirs d'eau douce ne font pas l'objet d'un consensus scientifique**. Ceci crée des difficultés à tous les niveaux : de l'action mondiale à l'action locale. Par exemple, le GIEC attend de voir des **progrès scientifiques avant de donner des conseils sur les inventaires nationaux des émissions des gaz à effet de serre** et la CCNUCC est à la recherche de méthodologies (mesure et modèle de prévision) afin de quantifier la compensation des émissions de CO₂ pour **l'échange de quotas d'émissions**. Plus généralement, l'élaboration de politiques relatives à l'énergie, l'eau et le climat se heurte au manque actuel de compréhension dans ce domaine. Cette situation a un impact à l'échelle mondiale, et en particulier sur les pays en voie de développement.⁴⁰

Le réexamen du CDM et de l'ETS, qui aura lieu après la Conférence de Copenhague en décembre 2009, sera l'occasion de mettre en place un régime réglementaire qui tient compte des avantages apportés par les grands barrages polyvalents dans le domaine de l'adaptation, et assure leur fonctionnement optimal pour la production d'énergie renouvelable de façon à atténuer les émissions de CO₂.

⁴⁰ Projet UNESCO/IHA (2008/2011), 'GHG Status of Freshwater Reservoirs,' Résumé du projet, (Londres : IHA, 2008).

Schéma 5. Production hydroélectrique mondiale potentielle et actuelle, 2004



Source: 3e Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau, p 119.

comme source d'énergie renouvelable – contrairement à la 'petite' hydroélectricité. Ceci prive la grande hydroélectricité de certaines subventions et sources de financement (voir Encart 6). Il est ironique qu'une des raisons avancées pour exclure la grande hydroélectricité du financement de projets favorables à l'atténuation du changement climatique soit le risque de domination de cette source d'énergie sur les autres technologies d'énergie renouvelable, plus récentes mais moins rentables.

Les pays développés d'Europe et d'Amérique du Nord ont beaucoup exploité l'hydroélectricité qui représente aujourd'hui environ 20% de la production électrique mondiale. Il existe par ailleurs un potentiel substantiel non exploité en Asie, en Afrique et en Amérique latine. Compte tenu du fait que les pays à revenus élevés et moyens disposent de systèmes hydroélectriques performants (voir Schéma 5), le retard des pays pauvres, principalement sud-asiatiques et africains, dans ce domaine représente un coût d'opportunité.

Les dynamiques du risque et de la fiabilité dans les systèmes plurisectoriels

Les défis auxquels sont confrontés les nouveaux projets hydroélectriques soulignent l'importance de les inscrire dans un cadre plus large de gestion de l'eau, car leurs effets dépassent souvent la production électrique. Ces effets ne sont pas uniquement négatifs. Les aménagements polyvalents peuvent apporter un ensemble d'avantages, dont la régulation des débits et la gestion des inondations et une alimentation en eau plus fiable pour l'agriculture, l'industrie et la consommation urbaine.

Par exemple, en plus de son énorme rôle de production électrique, le projet Trois Gorges, en Chine, a contribué à protéger des millions d'habitants des inondations, amélioré la navigation en faveur du développement régional de l'arrière pays et fourni une source d'eau supplémentaire à la région aride du Nord-est du pays.⁴¹ Son succès est dû en partie au fait qu'il s'est inscrit, dès sa conception, dans le cadre d'un programme de développement régional et non d'un projet de production électrique.

Cette approche multisectorielle est de plus en plus la norme dans la mesure où l'imminence du changement climatique exige le réexamen des anciennes hypothèses dans tous les secteurs. Cela conduit bien souvent à une meilleure compréhension de la nature du risque hydrologique et de ses liens avec les risques sociétaux plus larges, de la valeur de la prévisibilité et de la fiabilité ainsi que de la nécessité de prendre des mesures résolues afin de le maîtriser. En effet, un des indicateurs d'une gestion effective des ressources en eau consiste à mesurer à quel point elle aide les différents secteurs à maîtriser leurs risques.

Le fait que les usagers soient prêts à payer pour une gestion de l'eau permettant d'atténuer les risques est la conséquence d'une meilleure compréhension du risque hydrologique, et reflète l'importance qu'ils accordent à la fiabilité des services, aux conséquences négatives et aux coûts qu'implique une alimentation en eau défectueuse. Quant aux entreprises agricoles, la fiabilité de l'approvisionnement en eau est plus importante pour les cultures annuelles que pour les cultures pérennes. Les cultures pérennes exigeant souvent de nombreuses années d'investissement avant d'atteindre une production optimale, la perte de ce type de culture a des conséquences plus graves que celle de cultures annuelles. L'on pourrait ainsi s'attendre à ce que les agriculteurs exploitant des cultures pérennes paient davantage pour bénéficier d'un approvisionnement en eau plus fiable.

L'eau a souvent une valeur bien plus élevée pour la production industrielle qu'agricole. Ainsi, les entreprises industrielles devraient se préparer à payer davantage afin de bénéficier d'un approvisionnement en eau plus fiable – ce qu'elles font d'ailleurs dans de nombreux cas.

Le choix des usagers privilégiés en cas de pénurie d'eau n'est pas seulement une question de savoir qui est le plus offrant ; des considérations sociales entrent également en jeu. Par exemple, l'usage domestique de l'eau, même s'il n'est généralement pas apprécié à sa juste valeur, est souvent prioritaire par

⁴¹ Xiaoliu et Muller, 2009.

rapport à tous les autres usages, à l'image de la valeur inhérente de la vie. L'eau utilisée par l'industrie génère souvent plus 'd'emplois par goutte' que l'eau utilisée par l'agriculture. Pourtant, dans de nombreux pays, cette situation n'aide pas les plus pauvres, dont les moyens d'existence dépendent de l'agriculture et qui ne bénéficient d'aucun filet de sécurité économique. Les systèmes efficaces de gestion de l'eau sont ceux qui trouveront un équilibre entre priorités économiques et sociales, soit par la tarification, soit par des systèmes de répartition de l'eau, soit enfin par une combinaison des deux.

La récente grande sécheresse qui s'est abattue sur le bassin australien Murray-Darling en est une illustration, du fait des restrictions d'eau imposées, par voie administrative, afin de maintenir l'approvisionnement en eau des secteurs les plus menacés. Comme l'a expliqué l'ancien directeur de la Commission du bassin australien Murray-Darling :

L'usage de l'eau y est géré à travers un système de droits d'eau, définis en termes de volume et de sécurité d'approvisionnement. De nombreux usagers reçoivent, pendant la forte sécheresse actuelle, seulement une petite fraction de leur allocation 'normale'. L'application de ce rationnement s'effectue entièrement à travers le système de droits d'eau – et non à travers les mécanismes de tarification – ce qui permet de rediriger l'eau des usages à faible valeur vers les usages à valeur élevée ; malgré les réductions importantes des précipitations et des débits fluviaux, la sécheresse a un faible impact sur la valeur de la production agricole du bassin.⁴²

Le stockage de l'eau est souvent considéré comme une stratégie évidente pour améliorer la fiabilité de l'approvisionnement en eau, il existe cependant de nombreuses alternatives. Dans certains cas, les systèmes de rationnement de l'eau créent un système relativement complexe de 'fiabilité progressive' de l'approvisionnement, soit à travers l'interdiction d'arrosage dans les zones urbaines ou les réductions de l'allocation de l'eau pour la production agricole. L'application d'un tel rationnement est souvent un indicateur d'une stratégie de gestion de l'eau efficace et adaptée, bien qu'elle ne soit pas nécessairement évidente pour l'ensemble de la communauté des usagers. D'autres approches peuvent également être mises en œuvre. Des stocks alimentaires peuvent être constitués en prévision des pertes occasionnelles de récoltes dues à la sécheresse, un 'stockage' financier sous la forme d'une assurance peut également fournir une protection contre les ruptures d'approvisionnement et contribuer à atténuer l'impact de la variabilité climatique.

⁴² Don Blackmore et John Briscoe, Letter to the Editor, *The Economist*, 2 octobre 2008.

Bien souvent, le stockage physique de l'eau permet d'obtenir les meilleurs résultats à moindre frais mais ne permet pas, à lui seul, d'améliorer la fiabilité. Le stockage n'est qu'un élément de l'infrastructure physique nécessaire.

De nombreux pays, en particulier les pays pauvres situés dans les régions arides d'Afrique, ne disposent pas d'installations de stockage adaptées. Même les régions qui disposent d'importantes installations de stockage, comme l'Afrique australe, où deux des plus grands barrages d'Afrique ont été construits sur le Zambèze, ne garantissent pas nécessairement la sécurité en eau à tous les usagers de l'eau en l'absence d'importantes infrastructures de transport et d'alimentation. Les zones disposant de stockage naturel se trouvent dans une situation similaire. Par exemple, les lacs d'Afrique de l'Est contiennent d'importants volumes d'eau auxquels les communautés éloignées ne peuvent pas accéder.

En outre, le stockage peut parfois être un mirage. L'existence de stocks importants d'eau peut donner une impression d'abondance. Pourtant, seule compte la capacité du réservoir à permettre (et réguler) les sorties d'eau ; c'est pourquoi les très importantes masses d'eau, telles que celle des Grands Lacs d'Amérique du Nord, ne peuvent supporter, de manière durable, que des prélèvements étonnamment faibles.

L'un des défis (mais aussi l'une des opportunités) liés à la gestion des systèmes plurisectoriels est d'identifier les approches polyvalentes. Ainsi, l'eau peut être stockée afin de garantir l'approvisionnement des usagers en amont, produire de l'électricité, et réduire l'intensité des inondations. La réalisation de tous ces objectifs exige toutefois la définition de priorités opérationnelles appropriées.

Le fonctionnement du projet hydroélectrique Cahora Bassa, qui fut construit sur le fleuve Zambezi peu après l'accession du Mozambique à l'indépendance en 1974, est une parfaite illustration des dangers liés à l'absence de système polyvalent. Peu après sa construction, le barrage de Cahora Bassa était géré par une société portugaise dont l'objectif, à l'époque, était d'optimiser les revenus afin d'amortir les énormes coûts de construction. Cette société décida par conséquent de maintenir les niveaux du barrage le plus haut possible, de façon à faire passer dans ses turbines un volume d'eau optimal, à la pression la plus forte possible, si bien que, lorsque de fortes pluies tombèrent en amont, les volumes d'eau générés ne purent être stockés par le barrage et furent déversés en aval, causant une inondation qui fit des ravages au sein des populations de la zone.

La sélection des multiples objectifs exige de définir des critères précis dans la conception et le fonctionnement des grands barrages. Ainsi, le règlement d'exploitation du Barrage des Trois Gorges en Chine a trait à la fois au contrôle des inondations et à l'hydroélectricité. Le règlement exige de réduire de façon substantielle les niveaux du barrage à l'approche de la saison des inondations afin de pouvoir stocker les eaux des inondations et d'absorber l'impact des inondations, qui sans ces précautions, menaceraient les millions de personnes qui vivent en aval du barrage. Bien que la réduction du niveau du réservoir diminue fortement le potentiel de production hydroélectrique, cette mesure est jugée nécessaire afin d'optimiser les avantages du barrage pour la population du bassin du Yangtze. D'autres fonctions, telles que le transport et l'approvisionnement en eau sont également prises en compte dans le règlement d'exploitation.

Si des informations préalables sur les régimes de précipitations saisonnières sont disponibles, le règlement d'exploitation peut être affiné afin d'optimiser les avantages pour tous les usagers. Les instruments financiers peuvent également être conçus de façon à atténuer l'impact de la variabilité sur les groupes d'usagers multiples.⁴³ Ceci n'est possible, cependant, que si le système dispose d'une capacité de stockage. Dans ce contexte, le développement hydroélectrique est important, car il peut financer le stockage, qui favorise l'adaptation tout en contribuant à l'atténuation, par la production d'une énergie propre et renouvelable.

Un environnement en évolution

Les secteurs qui utilisent l'eau ne sont pas les seuls à être confrontés à des défis majeurs en raison du changement climatique, c'est également le cas de l'environnement naturel, dont font partie les ressources en eau. En effet, le changement climatique remet en question certaines des hypothèses de base sur lesquelles reposent les approches actuelles de gestion et de protection de l'environnement qui cherchent à préserver les écosystèmes existants en minimisant l'intervention humaine. En effet, sans intervention humaine, les écosystèmes seront inévitablement affectés par le changement climatique. L'état final de l'environnement relève ainsi, de plus en plus clairement, autant de l'homme que des processus naturels.

Le changement climatique et les actions que l'homme mettra en œuvre afin d'y faire face modifieront le climat de multiples façons. Le changement des

⁴³ Par exemple, Philippines Brown, C., et M. Carriquiry (2007), Managing hydroclimatological risk to water supply with option contracts and reservoir index insurance, *Water Resources Research*, 43, W11423, doi:10.1029/2007WR006093

températures et de l'hydrologie affectera la couverture végétale ainsi que les écosystèmes des fleuves et des zones humides et la biodiversité de manière générale. Les efforts visant à atténuer l'impact du changement climatique, tels que la gestion des forêts et les pratiques d'exploitation des terres ainsi que l'essor potentiel de la production hydroélectrique et des biocarburants affecteront également les écosystèmes.

L'environnement naturel existant sera probablement le premier à souffrir d'une aggravation de la pénurie d'eau. Peu de pays disposent de mécanismes efficaces leur permettant de garantir la présence d'un volume d'eau adéquat dans les fleuves et aquifères afin de préserver les écosystèmes aquatiques et leur biodiversité. Dans la plupart des cas, les écosystèmes sont les premières victimes de la concurrence pour l'eau car les autres usagers (ménages, agriculture et industrie) continuent de prélever l'eau à des fins de production. Il sera, du fait du changement climatique, encore plus difficile de trouver un bon équilibre qu'aujourd'hui.

Variabilité hydrologique, changement climatique et croissance économique

La variabilité des précipitations et des débits fluviaux s'accroîtra sous l'effet du changement climatique, et affectera fortement la croissance économique – en particulier dans les pays pauvres. En effet, la recherche sur l'impact économique de la pénurie et de la variabilité suggère que les seuls pays et régions qui ont échappé aux effets néfastes de la variabilité climatique sur le développement ont été ceux qui disposent des ressources financières et intellectuelles pour la maîtriser.

L'action, et en premier lieu, l'inaction, face à la variabilité hydrologique engendreront des coûts économiques, sociaux et environnementaux considérables. L'aggravation de la variabilité hydrologique aura un coût substantiel. Ce coût existera, que des mesures soient prises ou non. Ainsi, dans les zones vulnérables, les coûts liés à une aggravation des inondations et les coûts sociaux, politiques et financiers des mesures, telles que la relocalisation des ménages vulnérables, le renforcement des structures de protection contre les inondations et des systèmes d'alerte précoce devront être comparés aux coûts de l'inaction qui se mesureront en perte de vies humaines et en dégâts matériels.

Ces coûts et les circonstances qui les engendrent doivent être considérés et compris dans leur contexte spécifique. Il n'existe aucune solution globale intégrant les innombrables circonstances locales. L'important sera d'adopter

une approche structurée qui examine les problèmes pertinents et les réponses possibles et propose une approche systématique de la prise de décisions.

Disparités géographiques en matière de développement

Il est probable que l'activité économique migrera vers les zones présentant les meilleures caractéristiques en termes de sécurité en eau et abandonnera les zones caractérisées par un approvisionnement incertain en eau ou une aggravation des dangers liés à l'eau. Cette migration intensifiera la concurrence dans le premier type de zones, risquant ainsi de remettre en cause la sécurité en eau, qui était paradoxalement la raison initiale de la migration de l'activité économique.

Les zones moins performantes sur le plan de la sécurité en eau sont en général habitées par les populations pauvres. Dans un contexte d'aggravation de la vulnérabilité des zones vulnérables – aux inondations, à l'élévation du niveau de la mer, à l'intrusion des nappes phréatiques, à la disparition des terres arables – les populations pauvres seront victimes des conséquences du changement climatique de façon disproportionnée.

Il est possible que les échanges commerciaux de produits fortement consommateurs d'eau (« eau virtuelle ») augmentent au fur et à mesure de l'évolution des conditions de sécurité en eau. Les échanges commerciaux pourraient atténuer certains des effets négatifs du changement climatique, à condition que les pays en proie à l'insécurité en eau soient en mesure d'importer des produits alimentaires des pays disposant d'importantes ressources en eau. Cependant, la récente volatilité des prix des produits alimentaires a renforcé les anciennes inquiétudes sur la dépendance vis-à-vis des échanges commerciaux pour un nombre élevé d'aliments de base.

Pour les nations riches, une nouvelle stratégie d'adaptation à cet égard semble être l'acquisition de terres à l'étranger. Par exemple, l'Arabie saoudite a récemment fait l'acquisition d'importantes terres agricoles en Asie du Sud/centrale, la Chine a investi au Soudan et au Mozambique, alors que la Corée du Sud proposerait d'exploiter des terres agricoles à Madagascar. Le Président de Nestlé, la plus grande société alimentaire du monde, a suggéré que ce processus visait davantage à avoir accès à l'eau qu'à la terre.⁴⁴

L'évolution des conditions de sécurité en eau provoquera également des changements dans l'emplacement des zones d'habitat. Un récent rapport de

⁴⁴ Peter Brabeck-Letmathe, 'The Next Big Thing: H₂O', Foreign Policy, mai/juin 2009.

CARE identifie les sécheresses, les inondations, la fonte des glaciers, l'élévation du niveau de la mer et l'évolution de l'agriculture comme des facteurs majeurs de troubles sociaux potentiels à grande échelle dus au changement climatique.

Le changement climatique provoque déjà la migration et le déplacement des populations. Bien que le futur nombre exact de personnes déplacées en 2050 soit incertain, l'ampleur et l'échelle de cette migration pourraient largement dépasser tout ce qui a pu être observé jusqu'à présent. Les populations des pays les moins développés et des états insulaires seront les premières et les plus durement touchées. Les conséquences pour presque tous les aspects du développement et la sécurité de l'homme pourraient être terribles. Cette situation pourrait également avoir des implications considérables sur la stabilité politique.⁴⁵

Transformation structurelle des économies

Le changement des conditions de sécurité en eau d'une zone particulière est susceptible de modifier la rentabilité de certaines activités économiques. La proportion des activités vulnérables à l'évolution des conditions hydriques dans l'économie est susceptible de diminuer, à l'inverse, celle des activités plus résistantes devrait s'accroître.

Les actions en faveur de l'adaptation favoriseraient les technologies, les infrastructures et les pratiques de gestion de l'eau, renforçant la résistance à la variabilité hydrologique, et encourageraient la réalisation d'investissements dans les secteurs économiques plus résistants à cet égard.⁴⁶

Dans ce contexte, il convient de noter qu'il est possible que les améliorations de la gestion de l'eau dans l'agriculture dépendent en grande partie des conditions commerciales des produits agricoles. S'ils ne sont pas mieux payés pour leurs cultures, les agriculteurs ne seront pas en mesure de financer les investissements en matière d'efficacité de l'eau qui leur permettraient de faire face à une réduction de la quantité d'eau disponible. Cette situation limitera également leur capacité, dans les zones où l'approvisionnement en eau est constant, à réduire leur consommation d'eau et à libérer de l'eau pour d'autres usages.

⁴⁵ CARE, 'In search of shelter: mapping the effects of climate change on human migration', CARE et CEISIN, 2009.

⁴⁶ Par exemple, voir 'Water in a Sustainable Economy' de Ger Bergkamp et Claudia W Sadoff dans *State of the World 2008: Innovations for a Sustainable Economy*, (Washington, DC: Earthscan, 2008).

Bien que les échanges commerciaux ‘d’eau virtuelle’ puissent contribuer à maintenir la production alimentaire en assurant sa distribution dans les zones qui présentent le plus grand potentiel, ce processus se déroulera aux dépens des pauvres dans les zones en déclin. Ainsi, même si le monde disposera sans doute de produits alimentaires en quantité suffisante, une conséquence possible du changement climatique pourrait être de priver les populations pauvres de nombreux pays des revenus nécessaires pour les acheter.

2.3 Facteurs d’aggravation

Les effets du changement climatique sur différents secteurs de la société posent des défis majeurs pour la gestion des ressources en eau. Toutefois, d’autres menaces apparaissent. En effet, d’autres facteurs de changement sont au moins aussi urgents à court et à moyen terme. Ces autres facteurs représentent une partie importante du contexte dans lequel les gestionnaires de l’eau doivent faire face au changement climatique.

Ces facteurs incluent : la croissance démographique, le développement économique et les changements connexes dans les modes de consommation, les développements technologiques, les stratégies d’atténuation du changement climatique, l’urbanisation et le changement de l’utilisation des terres.

Changements démographiques

La plupart des mesures relatives au ‘stress hydrique’ ou ‘à la pénurie d’eau’ se réfèrent au volume d’eau disponible par personne. Bien que la variabilité, plutôt que le volume absolu d’eau disponible, soit souvent plus étroitement associée à la performance en termes de développement, les implications de la pénurie d’eau restent importantes. En Afrique en particulier, mais également en Asie et en Amérique latine, la pénurie croissante d’eau est principalement due à la croissance démographique associée à un volume d’eau constant, et non à une baisse du volume d’eau disponible.

Développement économique et changements connexes dans les modes de consommation

L’augmentation des revenus individuels due au développement économique modifie les modes de consommation. Les changements alimentaires en particulier affectent la demande d’eau. Ainsi, le passage d’une consommation de céréales à une consommation de viande est lié à de fortes augmentations de la consommation d’eau par personne. La plupart des changements des modes de consommation dus à l’augmentation du niveau de vie aura pour effet d’accroître ‘l’empreinte hydrique’ des individus.

Développements technologiques

Le changement technologique affecte l'eau et sa gestion dans de nombreux domaines. Ceux-ci peuvent être bénéfiques, par exemple, le développement des technologies d'économie d'eau réduit la pression sur la ressource. Il existe cependant de nombreux cas où le développement technologique a des effets négatifs sur les ressources en eau. Cela est particulièrement vrai pour la qualité de l'eau. Par exemple, beaucoup de nouveaux médicaments et substances chimiques utilisés par la société sont rejetés et dilués dans le cycle de l'eau. Les conséquences de cette situation sont imprévisibles sur la santé de l'homme.⁴⁷ Par ailleurs, le développement des nouvelles sources d'énergie, telles que les schistes bitumeux, menace gravement la qualité de l'eau dans un grand nombre de régions.

Urbanisation et changement dans l'utilisation des terres

Les inondations représentent un défi majeur en termes de gestion des ressources en eau même en l'absence de changement climatique. L'augmentation des coûts des inondations n'est pas seulement due aux modifications de leur intensité et fréquence, mais également à la croissance démographique, à l'urbanisation et aux changements d'utilisation des terres, qui repoussent les populations et les biens vers les zones vulnérables. Ainsi, l'urbanisation et l'aménagement du territoire peuvent également influencer la façon dont l'eau affecte la société et dont la société affecte l'eau.

Stratégies d'atténuation du changement climatique

L'idée selon laquelle les stratégies d'atténuation du changement climatique pourraient elles-mêmes aggraver l'impact du changement climatique dans le secteur de l'eau est paradoxale. Elle est toutefois fondée. Les pressions pour l'expansion de l'hydroélectricité ou le développement de nouvelles sources de biocarburants affecteront les ressources en eau. Le fait de relever le défi de l'énergie pourrait ainsi intensifier la pression sur les ressources en eau, en plus de faire pression sur les produits alimentaires. Cet exemple illustre bien le besoin d'examiner les effets sur les ressources en eau dans le cadre d'une étude des stratégies d'atténuation du changement climatique.

Incertitude et délais

L'incertitude est présente dans tous les aspects de la planification de l'adaptation au changement climatique. Il s'agit, pour beaucoup, d'une bonne raison de repousser les mesures dans ce domaine. La plupart des

⁴⁷ Voir 'It's Time to Learn From Frogs' de Nicholas D. Kristof, *New York Times*, 28 juin 2009, en ce qui concerne les préoccupations vis-à-vis des perturbateurs endocriniens dans l'eau.

effets ne devraient pas avoir lieu avant plusieurs décennies, et leur ampleur pourrait fortement varier en raison d'un ensemble de facteurs – le succès et la portée des initiatives d'atténuation, la précision des modèles actuels, la possible existence de points de basculement non linéaires et non modélisables...

La mise en place des mesures nécessaires dans le domaine de la gestion des ressources en eau exige cependant un temps comparable. La conception et la construction de grandes infrastructures d'aménagement des ressources en eau, telles que les grands réservoirs ou les canalisations d'eau, ont généralement une durée supérieure à 10 ans. Leur espérance de vie est, par ailleurs, extrêmement longue. Les structures réalisées aujourd'hui existeront toujours, et espérons le, fonctionneront toujours, dans une centaine d'années. De même, les données et informations hydrologiques recueillies aujourd'hui constitueront une référence inestimable afin de surveiller, comprendre et maîtriser l'hydrologie mondiale en évolution au cours des prochaines décennies.

Bien que la définition et l'enchaînement des priorités spécifiques à moyen terme soient complexes, il est temps et il est sage de mettre l'accent sur l'amélioration de notre compréhension des défis qui nous attendent ainsi que sur notre capacité à les relever. Il est tout aussi important de saisir les occasions d'intervenir, que ce soit à travers le renforcement de la réglementation fluviale et les options de stockage de l'eau ; le renforcement des systèmes d'information hydrologique, en particulier pour les ressources en eau stratégiques pour lesquelles nos connaissances sont limitées, telles que les nappes phréatiques et la fonte des glaciers ; ou la mise en œuvre de mesures institutionnelles difficiles, telles que les programmes de conservation et les mesures incitatives en faveur de la réduction de la pollution qui modifieront notre comportement et diminueront notre vulnérabilité à l'avenir.

Encart 7. Changement climatique dans la région méditerranéenne : menaces et réponses possibles

Tous les scénarios de prévision du changement climatique prédisent que la Méditerranée sera l'une des régions les plus sévèrement touchées. Elle sera confrontée notamment à l'augmentation de l'intensité et des fréquences des inondations et des sécheresses en particulier. Le changement climatique affectera également la qualité et la quantité de ses ressources en eau. Ces changements exacerberont l'important stress hydrique qui sévit déjà dans la plus grande partie de la région, y compris en Afrique du Nord, au Moyen-Orient, et en Europe du Sud-est et du sud. Toutefois, les effets et leurs répercussions ne seront pas uniformes dans toute la région, comme l'indique le résumé ci-dessous :

Afrique du Nord

d'existence encore plus difficiles. L'augmentation annuelle de la demande de 50 km³ devrait intensifier la concurrence accrue pour les ressources en eau pour l'agriculture, l'usage domestique, le tourisme... Par ailleurs, l'aggravation des problèmes sanitaires (contamination potentielle des systèmes d'alimentation par les eaux usées en raison des inondations) est susceptible d'accroître la migration et les risques de conflit entre les pays partageant les mêmes ressources en eau.

Le changement climatique aura les effets probables suivants : fortes sécheresses et réduction (de l'ordre de 50%) des écoulements et du débit et diminution de l'humidité du sol en raison d'une baisse des précipitations et de l'augmentation des températures, qui à leur tour accroîtront l'évaporation, l'aridité et augmenteront le risque d'incendies de forêts et de désertification.

L'agriculture du Maghreb est dominée par de petites exploitations agricoles non irriguées dont la modernisation n'est pas assez rapide pour satisfaire les besoins alimentaires d'une population croissante. Les sécheresses de plus en plus fréquentes devraient ainsi, selon les prévisions, réduire la production agricole de plus de 20% (à l'horizon 2080), les baisses les plus fortes dépasseront 40% au Maroc et en Algérie. Cette situation risque d'affecter leurs économies, à travers l'augmentation des importations de produits alimentaires, et d'avoir de graves répercussions sociales dans la mesure où l'agriculture emploie 40% de la population.

L'extraction déjà massive d'eau 'fossile' de l'aquifère des Grès de Nubie et de l'aquifère du nord du Sahara devrait s'accroître, entraînant toute une série de problèmes secondaires. Par ailleurs, les modèles suggèrent que la recharge des eaux souterraines diminuera de façon spectaculaire sur le littoral méridional méditerranéen – de plus de 70% jusqu'en 2050. L'Algérie et la Tunisie sont également vulnérables aux catastrophes naturelles, telles que les inondations et, comme le Maroc, pourraient être également partiellement touchées par l'élévation du niveau de la mer.

Moyen-Orient

La plupart des scénarios climatiques concernant l'Égypte et le Moyen-Orient en général prévoient de fortes réductions de l'eau disponible, de changements des régimes de précipitations et d'une évapotranspiration accrue dans la région. Ceci affectera ses cultures vitales, telles que le riz, les

Encart 7. Changement climatique dans la région méditerranéenne : menaces et réponses possibles

agrumes, la betterave à sucre qui dépendent à 80% de l'irrigation (par exemple, l'Égypte, le Liban, la Jordanie). Une augmentation des températures de 3 à 4 degrés Celsius pourrait réduire le rendement des cultures de 25% à 35%, selon la FAO.

Les chutes de neige et en particulier l'enneigement dans les hautes montagnes de la région (par exemple au Liban, en Turquie) devraient subir une baisse spectaculaire, ce qui aura des conséquences hydrogéologiques, écologiques et économiques néfastes (par exemple, pour le tourisme d'hiver et l'hydroélectricité).

La concurrence pour l'eau dans la région et au-delà risque de s'intensifier et d'aggraver des conflits déjà graves ainsi que la violence et l'instabilité politique.

Le delta du Nil est particulièrement vulnérable aux inondations causées par l'élévation du niveau de la mer.

Europe du Sud-est

Le changement climatique aura, dans les pays d'Europe du Sud-est, des effets néfastes sur les activités économiques qui dépendent de l'eau, telles que l'agriculture, le tourisme, l'industrie et l'énergie. Dans la partie occidentale des Balkans, où les pays comme l'Albanie, la Bosnie Herzégovine et la Serbie dépendent de l'hydroélectricité pour leur approvisionnement électrique, les baisses des précipitations et la réduction des périodes d'enneigement dans les montagnes mettront encore plus à l'épreuve la sécurité énergétique.

Sur le littoral adriatique, l'augmentation des risques d'inondation, d'érosion et de perte de terres (causées par les tempêtes et l'élévation du niveau de la mer) menacera les zones d'habitation et les habitats naturels côtiers, dont de grandes zones humides essentielles pour la biodiversité.

Pays méditerranéens de l'Union européenne

Les pays du sud de l'UE seront, d'après les prévisions, confrontés à des épisodes majeurs de sécheresse plus fréquents ainsi que des sécheresses particulièrement intenses l'été. Ces problèmes risquent de s'aggraver en raison de l'augmentation de la demande en eau due aux températures élevées. Les pays les plus touchés seront Chypre, Malte, la Grèce (en particulier la Crète et les îles Péloponnèse, les îles de l'Attique et les îles de la mer Égée), le Sud de l'Italie et ses îles et le Sud-est de l'Espagne qui devront faire face à une augmentation de la fréquence et de la sévérité des sécheresses et de la pénurie d'eau. Les canicules risquent également d'avoir un impact important sur le tourisme ainsi que sur la santé et augmenter la consommation d'énergie des appareils de climatisation.

Outre la grave pénurie d'eau à laquelle ils sont actuellement confrontés, les États insulaires de la région (Chypre et Malte), sont également particulièrement menacés par l'élévation du niveau de la

Encart 7. Changement climatique dans la région méditerranéenne : menaces et réponses possibles

mer. Certains sites, y compris de précieux biotopes, présentent ainsi un indice élevé de vulnérabilité.

Ecosystèmes

De nombreux scientifiques et experts en conservation de la biodiversité prévoient que le changement climatique aura de graves conséquences sur les biotopes côtiers de la région. Les zones humides en particulier, qui constituent d'importantes zones tampons pour la qualité de l'eau et la prévention des inondations, sont sous la menace immédiate du changement climatique en raison de la baisse du volume d'eau disponible, de l'augmentation des rejets d'eau et de l'évaporation accrue due à l'augmentation des températures.

L'impact de la réduction des services écologiques rendus par les zones humides va bien au-delà de la régulation de l'équilibre des eaux locales et de la protection des aquifères contre l'intrusion des eaux salées. Par exemple, la forte réduction de la superficie du panache du Nil, à l'extérieur de son delta, n'a non seulement modifié le bilan nutritif de la région et les stocks des principales espèces de poissons, mais aussi fortement réduit la barrière de faible salinité située à l'entrée de la Méditerranée au niveau du Canal de Suez. La 'barrière' barrait autrefois l'entrée d'espèces étrangères provenant de la Mer Rouge et de l'Océan Indien, mais son efficacité s'est nettement détériorée aujourd'hui.

Par ailleurs, la réduction de l'humidité expose davantage les forêts méditerranéennes et la végétation du maquis aux feux de forêts ce qui réduit la couverture végétale. Ce développement accélère, à son tour, la dégradation des terres et l'érosion des sols dans les zones arides et semi-arides et provoque une augmentation des émissions de gaz à effet de serre.

La région méditerranéenne abrite des centaines de milliers de décharges de toutes tailles. L'augmentation des inondations accroîtra la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines par ruissellement et fuites, alors que les incendies de forêts, de plus en plus nombreux, aggraveront la pollution atmosphérique lorsque les déchets des nombreuses décharges illégales situées à proximité des forêts brûleront.

Mesures d'adaptation liées à l'eau dans la région méditerranéenne

La capacité de résistance aux effets du changement climatique dépendra, dans une certaine mesure, de l'état des infrastructures hydriques. Toutefois, les mécanismes institutionnels favorisant les services rendus par les écosystèmes et la gestion de la demande d'eau sont tout aussi importants. Ces mécanismes ont également souvent un coût inférieur et sont plus efficaces que l'approche axée sur les infrastructures.

En effet, face à la réduction du volume d'eau disponible dans la région, toutes les analyses concluent que la résolution des problèmes de pénurie d'eau de la zone méditerranéenne devrait

Encart 7. Changement climatique dans la région méditerranéenne : menaces et réponses possibles

privilégier la gestion de la demande par rapport à l'augmentation de l'offre, notamment par l'introduction des nouvelles technologies plus performantes, l'ajustement des prix et l'information, l'éducation et la promotion systématique d'une culture de conservation.

Politiques, planification stratégique et approches institutionnelles

L'adaptation au changement climatique présupposera de plus en plus la généralisation des politiques, stratégies et mesures à tous les niveaux, c'est à dire au niveau régional, national et à l'échelle du bassin. Ceci regroupe un ensemble d'activités, allant des interventions d'urgence suite aux dégâts et catastrophes causés par le changement climatique jusqu'aux politiques proactives visant à réduire la vulnérabilité.

Il est ainsi conseillé d'utiliser des 'marges' plus importantes dans tous les calculs et prévisions liés à l'eau dans la planification de l'eau et du développement durable. Certains pays ont déjà réalisé d'importants efforts à cet égard, comme le Maroc qui a adopté avec succès son *Initiative nationale pour le développement humain*.

Des outils d'adaptation, tels que les scénarios climatiques, les évaluations de la vulnérabilité, les options prioritaires d'adaptation et les mécanismes de gestion des risques climatiques pourraient également être largement utilisés de façon à faciliter la prise de décisions à tous les niveaux dans le but de rendre le secteur de l'eau 'résistant au changement climatique'. Le développement de la coopération interinstitutionnelle constituerait également une mesure positive. L'aménagement du territoire, entre autres pour la protection civile (c'est-à-dire la réinstallation des populations menacées dans les zones côtières ou les plaines alluviales fréquemment inondées) et en particulier la conception minutieuse des infrastructures de l'eau sont des outils particulièrement utiles à cet égard.

Il sera nécessaire d'établir et de mettre en œuvre des cadres réglementaires appropriés. De même, le cadre institutionnel devra peut-être également être réformé de façon à aborder les risques climatiques émergents de façon holistique. Par ailleurs, la capacité d'adaptation des individus et des institutions et autorités devra également être renforcée.

Solutions techniques

Les mesures favorables à la conservation et à la gestion efficiente de l'eau sont de la plus grande importance pour la protection des ressources en eaux souterraines en particulier. Les actions appropriées dans ce domaine doivent aller de pair avec des mesures juridiques et socio-économiques. Elles sont multiples : robinets économiseurs d'eau pour les ménages, systèmes de mesure d'eau, mesures d'incitation économique comme par exemple des redevances forfaitaires basées sur les niveaux de consommation d'eau domestique, promotion des appareils économes en eau, réduction des fuites dans les réseaux de distribution, irrigation au goutte à goutte dans l'agriculture, production plus propre et nouvelles techniques de recyclage dans les secteurs

Encart 7. Changement climatique dans la région méditerranéenne : menaces et réponses possibles

industriels et de l'énergie. Plusieurs pays encouragent déjà l'irrigation au goutte à goutte et autres appareils économes en eau.

Les mesures orientées vers l'offre sont également nécessaires afin de satisfaire les besoins en eau croissants des personnes et des secteurs économiques. Un grand nombre de ces mesures sont déjà largement mises en œuvre. Elles incluent le développement des ressources en eau non conventionnelles, telle que la récupération des eaux de pluies, qui est mise en œuvre dans la région sous plusieurs formes, la réutilisation des eaux usées traitées (promues dans la région sous le nom d'eaux 'régénérées' pour des raisons culturelles), les techniques de dessalement ainsi que des systèmes de collecte et de stockage de l'eau à petite et moyenne échelle, les grands barrages, les systèmes durables d'évacuation, les transferts interbassins et la recharge artificielle des nappes phréatiques.

Il sera nécessaire, afin d'assurer la protection des communautés contre les catastrophes liées au changement climatique, d'élaborer des outils de planification des mesures d'urgence au niveau régional, national et à l'échelle du bassin méditerranéen. Ceci implique de renforcer les capacités de suivi hydrologique, d'élaborer des systèmes d'alerte précoce, des mécanismes de protection civile (équipement de lutte contre les incendies), des plans de lutte contre les sécheresses et des projets d'atténuation des risques d'inondations (c'est-à-dire des stratégies associant la gestion par bassin et l'aménagement du territoire). La protection des infrastructures de l'eau contre les effets du changement climatique (barrages, appareils de captage d'eau) représente un autre aspect de la gestion des risques climatiques.

Auteur: Michael Scoullos, Président, Partenariat mondial de l'eau – Méditerranée (GWP-Med)

3. PROMOUVOIR L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE A TRAVERS UNE MEILLEURE GESTION DE L'EAU

Les décideurs doivent être conscients que l'eau est le vecteur principal par lequel le changement climatique affectera le développement. Ils doivent donc tenir compte du rôle que joue l'eau dans la planification et la gestion du développement dans son ensemble. De même, il est important que les gestionnaires de l'eau, tout comme les usagers de l'eau, s'adaptent aux futures conditions. A cet égard, il est nécessaire d'adopter une approche de la gestion des ressources en eau permettant d'identifier les défis et les incertitudes et d'y faire face.

Les sociétés relèvent le défi de l'atténuation du changement climatique en adoptant un ensemble de changements fondamentaux dans la façon dont elles produisent et utilisent l'énergie. Ceux-ci vont des ressources que les sociétés utilisent pour soutenir leurs activités, la façon dont ces ressources sont utilisées et associées afin de générer l'énergie, aux schémas d'urbanisme qu'elles adoptent pour leurs villes et les systèmes de transport public. Ces changements concernent également les modes de production, de consommation et d'échanges commerciaux. Tous ont pour objectif de réduire la production de dioxyde de carbone et autres gaz à effet de serre.

L'adoption d'une approche similaire est nécessaire vis-à-vis de l'usage de l'eau. Il est possible de commencer à relever le défi de l'adaptation au changement climatique par une série de changements fondamentaux dans la façon dont la société gère et développe ses ressources en eau. Contrairement à l'énergie, l'eau est difficilement transportable sur de longues distances, son usage est également très localisé et varie beaucoup d'un pays à l'autre voire à l'intérieur d'un même pays.⁴⁸ Des sources d'eau apparemment différentes sont souvent liées par le cycle de l'eau. Ainsi, les plantations forestières situées sur les versants des collines peuvent épuiser les eaux souterraines des vallées ; le pompage excessif de l'eau souterraine dans une zone peut assécher les cours d'eau à proximité ; et l'exploitation hydroélectrique d'un fleuve peut affecter la population de poissons et les moyens d'existence des pêcheurs dans les estuaires en aval.

⁴⁸ Pour une discussion sur l'économie unique du transfert et de l'approvisionnement de l'eau, voir 'Water and Sanitation: Challenge Paper for the Copenhagen Consensus 2008', de Dale Whittington avec W. Michael Hanemann, Claudia W Sadoff et Marc Jeuland, (Copenhagen Consensus Center, 2008).

Ainsi, les ressources en eau doivent être gérées, et les eaux utilisées et réutilisées tout en tenant compte de la variabilité, l'incertitude, la rareté et l'abondance et des liens étroits entre ses usagers à différents niveaux : local, régional et mondial.

Un objectif clé doit être de veiller à ce que tous les usagers de l'eau et les autres acteurs disposent d'informations sur les défis de l'eau qui les affectent, aient connaissance des différentes approches qui peuvent les aider à s'adapter et disposent des mécanismes institutionnels et de gouvernance qui leur permettent de le faire. Cela garantira également la prise en compte des défis de l'eau dans les stratégies relatives au changement climatique et au développement.

Toutefois, le plus important est de définir clairement les objectifs de la gestion des ressources en eau, en commençant par mettre l'accent sur la réalisation de la sécurité en eau. Au-delà de la sécurité en eau, le défi consiste à identifier comment l'eau et la gestion de l'eau peuvent contribuer au développement économique et social de façon durable.

3.1. Sécurité en eau, premier objectif et cadre pour l'adaptation

La réalisation de la sécurité en eau doit être un premier objectif compte tenu des multiples façons dont l'eau est utilisée afin d'améliorer les conditions de vie et les moyens d'existence ainsi que les ravages qu'elle peut infliger. De nombreux pays éprouvent déjà des difficultés à relever ce défi, qui devient de plus en plus complexe en raison de la perspective du changement climatique, dont les effets seront ressentis de façon disproportionnée par les populations pauvres et vulnérables du monde.

La sécurité en eau est donc au cœur de l'adaptation au changement climatique. Définie comme la *l'existence d'une réserve d'eau fiable en quantité et qualité suffisantes pour assurer la santé, les moyens d'existence et la production, associée à un niveau jugé acceptable de risques liés à l'eau*⁴⁹, la sécurité en eau est un ensemble de conditions minimales mais réalistes. Dans ce contexte, les risques ne seront pas totalement éliminés mais seront maintenus à un niveau acceptable. De même, la santé et les moyens d'existence n'atteindront pas un niveau optimal, toutefois, la gestion des ressources en eau favorisera la réalisation d'un niveau minimal acceptable de développement social. La sécurité en eau suppose de protéger l'environnement naturel car la santé, les moyens d'existence et la protection contre les catastrophes naturelles dépendent bien souvent de la préservation de l'environnement naturel.

⁴⁹ Grey et Sadoff (2007).

Ainsi, même si la 'sécurité en eau' ne poursuit pas les objectifs sociaux et économiques plus ambitieux, auxquels aspirent de nombreuses sociétés, ni la totalité de leurs objectifs environnementaux, elle envisage une situation où l'eau ne fera obstacle à la réalisation de tels objectifs.

A noter également que la sécurité en eau ne saurait se limiter à une protection et un approvisionnement adéquats d'eau en tant que ressource. La protection, mise en valeur et gestion des ressources en eau, d'une part, sont liées à la gestion et fourniture de services résultant de l'eau, d'autre part, tout en étant deux choses distinctes. Les deux sont des défis en termes de sécurité en eau. L'acheminement sûr et fiable de l'eau, depuis sa source jusqu'aux usagers, exige généralement la construction d'infrastructures et l'intervention continue de services chargés de sa distribution, en particulier dans les grandes zones urbaines. La question de la performance des services de distribution des eaux n'entre pas dans le cadre du présent document. Il est toutefois évident que si la ressource elle-même n'est pas appropriée, il sera difficile de fournir des services qui le seront. Ce cas de figure est ainsi susceptible de se présenter si la distribution de l'eau n'est pas conçue de façon à tenir compte des changements climatiques probables, ainsi que des autres éléments qui font pression sur les ressources en eau.

Compte tenu de ces considérations, les efforts d'adaptation doivent commencer immédiatement. En effet, les institutions que nous mettons en place, tout comme les infrastructures que nous construisons aujourd'hui, détermineront nos modes de comportement pour de nombreuses années. Si nous n'agissons pas aujourd'hui, nous manquerons l'occasion de nous adapter plus facilement aux changements et ainsi d'assurer un avenir plus durable.

Par ailleurs, la réalisation de la sécurité en eau n'est pas garantie indéfiniment, en particulier dans le contexte du changement climatique. Aussi faudra-t-il réaliser des efforts systématiques pour la préserver et pour maîtriser les effets du changement climatique, ainsi que tous les autres facteurs qui exercent une pression sur les ressources en eau. La sécurité en eau exige des innovations techniques et institutionnelles et peut également être un facteur d'amélioration de l'offre de services et de création d'activités économiques. Le cas de Singapour en est une bonne illustration. Singapour a montré comment un pays peut aller au-delà de l'impératif immédiat de sécurité en eau à travers l'adoption et la mise en œuvre énergique d'une approche globale et coordonnée afin d'atteindre la sécurité en eau (voir Encart 8) – et même d'aller plus loin.

Encart 8. Singapour atteint la sécurité en eau en faisant preuve de créativité dans la réutilisation et le captage de l'eau

Singapour est un petit état insulaire à forte densité démographique situé au large de la Malaisie. Bien qu'il se trouve dans une zone tropicale humide, Singapour dispose, en raison de sa petite superficie, de ressources en eau limitées et a traditionnellement dépendu, pour son approvisionnement, de son voisin, la Malaisie. Preuve que les facteurs autres que le changement climatique sont souvent plus importants dans l'immédiat, la sécurité en eau de Singapour fut menacée lorsque la Malaisie prit la décision de renégocier les accords d'approvisionnement, suggérant implicitement qu'elle pourrait limiter son approvisionnement futur.

Afin de garantir sa sécurité en eau, Singapour a investi dans une stratégie privilégiant la conservation, l'efficacité, l'innovation et la réutilisation de l'eau qui lui a permis de satisfaire ses besoins en eau. Autre élément tout aussi important, Singapour a développé une importante compétence technologique, qu'il exporte aux autres pays.

Guidé par une vision des efforts nécessaires afin d'assurer un approvisionnement durable en eau, Singapour a investi dans la recherche et la technologie. Aujourd'hui, la nation a mis en place un approvisionnement en eau stable, diversifié et durable issu de quatre sources différentes, appelées les quatre robinets nationaux (Four national taps) (eau prélevée des bassins versants locaux, eau importée, eau recyclée, appelée NEWater, et eau dessalée)

En intégrant le système et en optimisant l'efficacité de chacun des quatre robinets, Singapour a mis en place un approvisionnement en eau stable et durable, capable de répondre à la croissance continue du pays'.⁵⁰

Il est évident que cette approche a permis à Singapour de réduire de façon méthodique sa vulnérabilité face au changement climatique. En effet, le pays est même en mesure d'exploiter les précipitations extrêmes, en stockant les eaux de pluie dans des lagons côtiers artificiels, qui permettent de réduire le volume d'eau à dessaler – réduisant par la même occasion son impact carbone.

⁵⁰ PUB, 'Four national taps provide water for all', pages Web, <http://www.pub.gov.sg/water/Pages/default.aspx>. Consulté le 13/11/2008.

3.2. Promouvoir la sécurité en eau à travers la gestion intégrée des ressources en eau

La réalisation et la préservation de la sécurité en eau supposent que les approches de gestion de l'eau tiennent compte de la nature intégrée du cycle de l'eau en intégrant différents usagers, usages, menaces et ressources menacées. La GIRE remplit ces critères et reconnaît de façon explicite le besoin de structurer et de maîtriser les inévitables compromis qu'exige la gestion de l'eau. Elle reconnaît également qu'un usage en affecte d'autres et que tous les usages de l'eau dépendent de la préservation des ressources.

L'adaptation efficace au changement climatique suppose également que la gestion adéquate de l'eau associe des mesures relatives aux infrastructures et aux institutions et aille bien au-delà de ce qui est normalement considéré du domaine hydrique. Il est important de souligner que les stratégies d'adaptation au changement climatique pourront imposer des transformations majeures dans la façon dont l'agriculture, l'industrie et les zones urbaines en général sont gérées.

Les défis posés au développement par le changement climatique et un grand nombre des réponses potentielles ne sont pas particulièrement nouveaux. Beaucoup ont été présentés par une plateforme internationale en 1992, à l'occasion du Sommet de la Terre de Rio qui a mis en garde contre les dangers et exposé les grandes lignes d'un programme d'action visant à lutter contre ces dangers tout en poursuivant, de façon équilibrée, le double objectif de protection de l'environnement et de satisfaction des besoins liés au développement des pays pauvres. C'est à l'occasion du Sommet de 1992 que l'approche de mise en valeur et de gestion intégrées des ressources en eau (qui prit ensuite le nom plus court de GIRE) fut approuvée afin de relever un ensemble de défis environnementaux tout en garantissant la satisfaction des besoins des personnes, en particulier des pauvres.

D'importants progrès ont été réalisés depuis le Sommet de Rio de 1992 mais ils ont été lents et sporadiques. Outre une résistance institutionnelle normale au changement, cette situation est due à la réticence des gouvernements comme des individus à réaffecter des ressources destinées aux priorités à court terme afin de répondre à des préoccupations à long terme. Elle s'explique également par la complexité des problèmes sous-jacents ainsi que par un manque d'expérience en ce qui concerne les interventions proposées ou la façon dont elles seront mises en œuvre dans la pratique.

L'approche proposée à l'occasion du Sommet de la terre à Rio de Janeiro en 1992, réitérée en 2002 par le Sommet mondial sur le Développement durable, et très largement reconnue aujourd'hui comme bonne pratique à l'échelle mondiale n'est autre que la GIRE.

Il est utile d'examiner précisément la façon dont l'Agenda 21, la résolution finale de Rio, aborde la problématique du climat et de l'eau (voir extrait à l'Encart 9). Cette résolution apporte non seulement une précieuse perspective historique, mais illustre aussi, et c'est là le plus important, la difficulté de passer de l'identification du problème à la mise en œuvre d'une action efficace et l'incapacité générale à tirer parti des alertes précoces. Conjointement aux recommandations de l'Agenda 21 pour la mise en valeur et la gestion intégrés de l'eau (la première fois que celles-ci furent formalisées et approuvées à l'échelle mondiale), nombre de ses suggestions sont aussi pertinentes aujourd'hui qu'elles l'étaient il y a près de 20 ans.

Cependant, l'aspect le plus important de l'Agenda 21 du Sommet de Rio dans le domaine de l'eau a été de mettre l'accent sur le besoin d'établir une gestion plus intégrée de l'eau. Le type de gestion privilégié par l'Agenda 21 ne se limitait pas à associer différents secteurs mais reconnaissait également que des sources d'eau apparemment différentes (fleuves, lacs et eaux souterraines) étaient toutes liées par le cycle de l'eau, que le développement socio-économique, sous forme d'expansion des services urbains ou de croissance d'une nouvelle industrie, pourrait avoir des conséquences majeures sur les ressources en eau et que son succès à long terme dépendait d'une gestion efficace des ressources en eau.

La rareté généralisée des ressources en eau douce, leur destruction progressive et leur pollution croissante que l'on constate dans de nombreuses régions du monde, ainsi que l'intrusion graduelle d'activités incompatibles, exigent une intégration de la planification et de la gestion des ressources en eau. Cette opération doit couvrir toutes les étendues d'eau douce interdépendantes, notamment les eaux de surface et les eaux souterraines, et tenir dûment compte des aspects quantitatifs et qualitatifs. Il est nécessaire de reconnaître la dimension multisectorielle de la mise en valeur des ressources en eau dans le contexte du développement socio-économique ainsi que les utilisations multiples de l'eau : approvisionnement et assainissement, agriculture, industrie, urbanisation, hydroélectricité, pisciculture en eau douce, transports, activités de loisirs, gestion des basses terres et autres. Des plans rationnels de mise en valeur

Encart 9 : Proposition de programme d'action visant à évaluer les conséquences du changement climatique sur les ressources en eau (Extrait de l'Agenda 21)

G. Conséquences du changement climatique sur les ressources en eau

Principes d'action

18.82 Les prévisions relatives aux changements climatiques sont incertaines au plan mondial, et le sont encore bien davantage aux niveaux régional, national et local. Or, c'est à l'échelle des pays que les décisions les plus importantes devraient être prises. Un relèvement des températures ou une réduction des précipitations entraînerait une diminution de l'approvisionnement en eau et un accroissement de la demande, avec le risque concomitant d'une dégradation de la qualité des masses d'eau douce qui, dans de nombreux pays, compromettrait l'équilibre déjà tenu de l'offre et de la demande. Quand bien même les précipitations augmenteraient, on n'a guère l'assurance que cela se produirait à une époque de l'année où l'on pourrait en tirer parti et l'on risque en outre une amplification des crues. Toute élévation du niveau de la mer provoque l'intrusion de l'eau salée dans les estuaires, les petites îles et les aquifères côtiers ainsi que l'inondation des zones côtières de faible élévation, exposant les basses terres à un risque considérable.

18.83 Selon la Déclaration ministérielle formulée à la deuxième Conférence mondiale sur le climat, "les conséquences potentielles de tels changements climatiques pourraient représenter pour l'environnement une menace d'une gravité sans précédent, et risqueraient même de compromettre la survie dans certains Etats insulaires et dans les zones côtières de faible élévation ainsi que dans les zones arides et semi-arides". L'incidence accrue de situations extrêmes, telles que les inondations et la sécheresse, entraînerait des catastrophes plus fréquentes et plus graves. Aussi la Conférence a-t-elle appelé au renforcement des programmes de recherche et de surveillance continue nécessaires et à l'intensification des échanges de données et renseignements adéquats, ces mesures devant être prises aux plans national, régional et international.

Objectif

18.84 La nature même de la question implique en premier lieu que l'on étudie de plus près et essaie de mieux comprendre la menace présentée. Cette question peut se traduire par les objectifs ci-après, conformément à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques :

- (a) Comprendre et quantifier la menace que constitue l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau douce;
- (b) Favoriser la mise en œuvre par les pays de contre-mesures efficaces chaque fois que l'on estimera que la menace est suffisamment confirmée pour justifier une telle action;
- (c) Etudier l'impact potentiel des changements climatiques dans les zones sujettes aux sécheresses et aux inondations.

Actividades

18.85 Todos los Estados, según la capacidad y los recursos de que dispongan y mediante la cooperación bilateral o multilateral, incluidas, según proceda, las Naciones Unidas y otras organizaciones competentes, podrían ejecutar las actividades siguientes:

Encart 9 : Proposition de programme d'action visant à évaluer les conséquences du changement climatique sur les ressources en eau (Extrait de l'Agenda 21)

18.85 En fonction de leurs capacités et des ressources dont ils disposent et en recourant, le cas échéant, à la coopération bilatérale ou multilatérale, notamment avec des organismes des Nations Unies et autres organisations compétentes, tous les Etats pourraient exécuter les activités suivantes :

- (a) Surveiller le régime hydrologique, y compris l'humidité du sol, l'équilibre des nappes souterraines, les fluctuations de la qualité de l'eau du fait des infiltrations et de l'évaporation, et les facteurs climatiques connexes, notamment dans les régions et les pays les plus exposés aux effets négatifs des changements climatiques et dont les zones les plus vulnérables doivent être précisées;
- (b) Elaborer et appliquer des méthodes et techniques pour évaluer – en fonction des modifications affectant les températures et les précipitations, ainsi que de l'élévation du niveau de la mer – les effets négatifs potentiels des changements climatiques sur les ressources en eau douce et le risque d'inondations;
- (c) Entreprendre des études spécifiques pour déterminer s'il existe un lien entre les changements climatiques et les sécheresses ou les inondations constatées actuellement dans certaines régions;
- (d) Déterminer les incidences sociales, économiques et environnementales que cela implique;
- (e) Elaborer et commencer à appliquer des stratégies nécessaires pour contrer les effets défavorables ainsi déterminés, y compris la modification du niveau des nappes phréatiques et l'atténuation des effets des intrusions salines dans les aquifères;
- (f) Développer des activités agricoles qui font appel aux eaux saumâtres;
- (g) Contribuer aux activités de recherche dans le cadre des programmes internationaux en cours.

Fuente: Naciones Unidas, Agenda 21, Programa de Acción de Naciones Unidas, Cumbre de la Tierra, 1992, http://www.un.org/esa/dsd/agenda21_spanish/res_agenda21_18.shtml

des eaux de surface, des eaux souterraines et d'autres sources possibles doivent être appuyés en même temps par des mesures de protection des eaux et de limitation maximale du gaspillage.⁵¹

Bien que le concept de la GIRE soit contesté dans certains cercles dans ce qui relève parfois d'un débat quasi-doctrinal, la GIRE reste la meilleure approche pour relever les défis que le changement climatique représentera pour le monde de l'eau, en raison des trois caractéristiques suivantes :

- Elle reconnaît la nature holistique du cycle de l'eau et cherche clairement à intégrer tous les secteurs qui utilisent, affectent ou sont affectés par l'eau et garantit, dans ces conditions, que l'approche d'un secteur ne porte pas préjudice, par le biais de l'eau, aux activités d'un autre secteur.

⁵¹ Agenda 21, 18.3.

- Elle reconnaît que l'établissement d'institutions efficaces sera essentiel pour gérer, de manière efficiente et équitable les conflits et les compromis entre les différents intérêts et activités.
- Elle est adaptative par nature. La GIRE reconnaît que les approches relatives à la gestion de l'eau devront s'adapter à l'évolution des autres secteurs de la société et qu'il ne peut y avoir de solution permanente.

La GIRE en pratique

Les principes de la GIRE sont particulièrement adaptés aux défis relatifs à la gestion de l'eau que le changement climatique aggravera. Qu'est-ce que cela signifie concrètement ? Comment adapter les politiques et les pratiques relatives à la gestion de l'eau de façon à faciliter l'adaptation des écosystèmes et de l'environnement au changement climatique ? Quelles seront les conditions requises pour y parvenir ?

Institutionnaliser l'adaptation

L'objectif principal ici est de garantir le bon fonctionnement des cadres institutionnels relatifs à la gestion de l'eau. Les politiques et pratiques dans le domaine de l'eau doivent avoir pour objectif de renforcer les institutions; l'information et la capacité à anticiper, prévoir et faire face à la variabilité climatique saisonnière et interannuelle dans le cadre d'une stratégie d'adaptation au changement climatique à long terme. Ces institutions doivent être en mesure de faciliter les processus de changement social et économique qui exigeront des compromis importants.

Dans ce contexte, les institutions ne sont pas uniquement des organisations formelles ; en effet, il est peut-être préférable que les organisations formelles interviennent seulement une fois les principaux défis et les fonctions clés connus. Il convient d'aborder les institutions sous un angle plus général, et de reconnaître leur rôle, par exemple, dans les activités informelles de coordination, le recueil et la mise en commun des informations, l'établissement de règles par le biais de la législation ou de la coopération et le suivi et la régulation de leur mise en application. Toutes ces activités sont importantes et peuvent être menées à différents niveaux, même en l'absence d'organisations formelles. Ainsi, les bonnes pratiques de gestion développées au sein des communautés d'utilisateurs ont plus de chances d'être durables que les règles imposées de l'extérieur par des organisations formelles.

La réalisation des objectifs de sécurité en eau et de développement suppose une forte implication des usagers et des gestionnaires des ressources de façon à renforcer leur capacité à faire face à l'incertitude et à relever les défis émergents. Une fonction

Encart 10 : Intégrer l'eau dans l'agenda climatique : étude de cas de l'Asie centrale

L'Asie centrale est située dans une zone semi-aride et aride qui souffre d'une pénurie naturelle d'eau depuis des milliers d'années. Les déserts de Karakum, Kyzylkum, et Muyunkum couvrent plus de la moitié de la région dans laquelle s'étend également la mer d'Aral, l'une des catastrophes environnementales liées à l'eau les plus connues au monde.

La concurrence que se livrent la nature et l'homme – entre les besoins de l'environnement et la demande en eau de populations croissantes – est intense, même avant de tenir compte des conséquences possibles du changement climatique. Ainsi, le changement climatique risque de freiner le futur développement économique régional et de nuire à l'écologie de la région et au bien-être de ses habitants.

L'impact principal du changement climatique en Asie centrale devrait être de réduire les ressources en eau renouvelables disponibles. Dans ces conditions, l'adaptation nécessitera des changements majeurs dans la consommation de l'eau. Le secteur agricole étant le plus grand consommateur d'eau (environ 85% des ressources en eau de la région sont utilisées pour l'irrigation), il est urgent d'évaluer la demande en eau pour l'irrigation à la lumière des nouveaux régimes de température et d'aridité, et de tenir compte de l'adaptation dans les mélanges de cultures et les mesures d'économies d'eau à prendre par les exploitations agricoles.

Nous estimons que le changement climatique est progressif et que nous ne devons pas nous inquiéter – « nous nous adapterons progressivement ». Toutefois, les décisions concernant la gestion et l'aménagement des ressources en eau s'inscrivent souvent dans le long terme et les résultats n'apparaissent souvent qu'après 10-20 ans. Cela signifie qu'il est nécessaire de prendre des mesures adaptatives dès maintenant. Aussi, les responsables, les organismes de planification et les gestionnaires de l'eau abordent-ils déjà un certain nombre de questions :

- Les mesures à court-terme au niveau de l'utilisateur final (agriculteur) visant à lutter contre les sécheresses à travers l'adoption de pratiques d'économies d'eau, la modification des types de cultures...
- Des mesures à long terme aux niveaux national et régional visant à promouvoir l'usage et la réallocation rationnels de l'eau, y compris l'adoption de nouvelles réglementations relatives à la sécurité alimentaire et aux besoins en eau.

Des mesures urgentes doivent toutefois être prises dès que possible :

- Sensibiliser le public sur les changements climatiques et leurs conséquences possibles.
- Montrer comment ces phénomènes peuvent être maîtrisés.
- Définir les principales orientations des futures actions.

En outre, il est toujours nécessaire de sensibiliser le public sur les éléments clés suivants :

- L'Asie centrale est confrontée à une pénurie d'eau
- L'eau est à la base du bien-être mais est aussi le système le plus vulnérable au changement climatique.
- Eu égard au rôle essentiel de l'eau pour la santé, il sera nécessaire de réviser les normes de qualité de l'eau.

Encart 10 : Intégrer l'eau dans l'agenda climatique : étude de cas de l'Asie centrale

- Il est très important de connaître le niveau absolu de la pénurie d'eau, et encore plus important de comprendre les fluctuations possibles du volume d'eau disponible.

Certains pays d'Asie centrale se préparent au changement climatique à travers des projets d'investissement dans le cadre du Mécanisme pour un développement propre (MDP) du protocole de Kyoto.

Le gouvernement de l'Ouzbékistan a par exemple désigné le ministère de l'Economie comme organisme national MDP et approuvé une loi particulière relative à l'élaboration et la mise en œuvre des projets d'investissement MDP. Conformément à la loi, les projets proposés doivent répondre aux critères nationaux suivants liés au développement durable :

Economiques :

- Réduire la consommation d'énergie et de matières premières par unité de production.
- Améliorer l'efficacité de la production ou de l'exploitation des ressources naturelles à travers l'introduction des technologies de pointe.
- Favoriser le développement du secteur privé dans la République d'Ouzbékistan.

Environnementaux:

- Favoriser la conservation de l'environnement et la prévention de sa dégradation.
- Minimiser l'exploitation des ressources naturelles et la production de déchets.
- Adopter des technologies de recyclage des matières premières et/ou utiliser des ressources naturelles renouvelables.
- Atténuer les conséquences négatives sur l'environnement.

Sociaux:

- Favoriser la création d'emplois et l'augmentation des revenus réels de la population.
- Améliorer la santé du personnel participant à la mise en œuvre du projet et de la population vivant dans la zone du projet.
- Sensibiliser la population sur les questions relatives à la gestion des ressources naturelles

Cette liste montre clairement que l'eau n'était initialement pas considérée comme une question majeure. L'Ouzbékistan n'a réalisé que récemment que de nombreux problèmes liés au changement climatique ne pourront être résolus que par l'intermédiaire de la gestion de l'eau, et son gouvernement a récemment appelé toutes les institutions concernées à élaborer une stratégie d'adaptation au climat privilégiant les actions liées à l'eau.

Ainsi, même si nous savons comment mettre en œuvre le Protocole de Kyoto, notre action n'en est qu'à ses débuts dans le domaine de l'adaptation réelle.

Auteurs: Prof. Victor Dukhovny, Dr. Vadim Sokolov, Dr. Galina Stulina, Dr. Nataliya Agaltseva (Ouzbékistan)

essentielle de la gestion efficace de l'eau est de veiller à ce que tous les usagers de l'eau soient informés des défis hydriques qui les affectent et connaissent les différentes approches qui peuvent les aider à s'adapter au changement climatique. Cette fonction permettra également de garantir la prise en compte des défis de l'eau dans les stratégies globales relatives au changement climatique et au développement.

Les nécessaires compromis entre les divers usages de l'eau font partie des défis que devront relever les institutions chargées de la gestion de l'eau, en particulier dans les pays disposant de ressources en eau limitées. Le compromis entre la sécurité apportée par une augmentation de la capacité de stockage afin de faire face aux inondations et aux bas débits d'une part et d'autre part l'impact des projets de construction sur les habitants de la zone concernée, est peut-être le plus urgent et le plus controversé d'entre eux. Bien qu'un plus grand stockage d'eau puisse générer des avantages très importants pour la société, ses effets sur le plan des moyens d'existence, des structures sociales et de l'environnement peuvent être dévastateurs. De nombreux pays sont confrontés à un compromis tout aussi difficile entre les besoins de l'agriculture, qui nourrit souvent directement la majorité de la population, et ceux de l'économie urbaine qui crée la richesse, même si celle-ci n'est pas distribuée de manière équitable.

L'élaboration de mécanismes d'allocation de l'eau en période d'abondance et de pénurie est à l'origine une question politique et exige de solides institutions afin d'obtenir des résultats acceptés par tous les acteurs concernés. La croissance de la demande d'eau mettra l'approvisionnement à rude épreuve et exigera des décisions touchant à l'équilibre entre protection de l'environnement naturel, moyens d'existence qui en dépendent et besoins des autres activités économiques et sociales.

Compte tenu du rôle de l'eau dans pratiquement tous les aspects de la vie sociale et économique et de son rôle fondamental dans l'environnement, tout changement des modes d'utilisation et de gestion de l'eau affectera un ensemble d'acteurs. Même si l'objectif sera toujours de trouver des synergies gagnant-gagnant, il sera presque toujours nécessaire de faire des compromis de quelque nature, aussi le processus permettant de réaliser ces compromis doit-il être institutionnalisé.

Investissement - dans les infrastructures et les institutions

Un élément important des approches relatives à la gestion des ressources en eau qui ont été développées au cours des dernières décennies a trait à la reconnaissance du fait que, même si elles sont d'une importance capitale et si

elles feront partie intégrante de toute approche future, les solutions techniques ne pourront, à elles seules, résoudre les problèmes hydriques du monde. Il existe en effet un ensemble de défis sociaux, économiques et politiques et un éventail d'instruments institutionnels qui peuvent être mis en œuvre afin de compléter les solutions axées sur les infrastructures.⁵²

La GIRE privilégie à la fois les stratégies relatives aux infrastructures et aux institutions. En effet, c'est la combinaison judicieuse de ces deux types de stratégies qui donne aux pays la meilleure chance de faire face, avec succès, à la variabilité et au changement climatiques.⁵³

Options liées aux infrastructures

Les options liées aux infrastructures de captage et de contrôle de l'eau sont un moyen de maîtriser les effets de la variabilité climatique sur les ressources en eau. Ces options vont de la construction de grands barrages aux structures de récupération de l'eau de pluies à l'échelle des ménages.

Les autres ouvrages hydriques importants incluent les canaux, les tunnels et les canalisations qui permettent non seulement de satisfaire directement les besoins humains mais créent également, et c'est moins évident, des systèmes interconnectés qui absorbent mieux la variabilité et assurent une plus grande flexibilité. D'où une plus grande sécurité d'approvisionnement. De même, des systèmes fiables de traitement des eaux usées et d'évacuation des eaux de pluies contribuent-ils à la capacité des populations à maintenir leurs activités et préserver la santé publique lors d'événements climatiques extrêmes. La réutilisation de l'eau permet, quant à elle, de réduire la demande totale.

Options institutionnelles

L'arsenal du gestionnaire de l'eau pour faire face à la variabilité et aux événements climatiques extrêmes ne se limite pas aux infrastructures. Les mécanismes institutionnels sont tout aussi importants, notamment ceux qui contribuent à lutter contre la variabilité climatique, à atteindre les objectifs tels que l'approvisionnement de la population, des industries et des exploitations agricoles en eau, et à protéger les populations contre les inondations tout en préservant les écosystèmes. Ces outils permettent de gérer la demande et d'accroître l'offre, à travers l'allocation, la conservation et la gestion efficace de l'eau d'une part et l'aménagement du territoire d'autre part.

⁵² GWP, 'Investing in infrastructure: The value of an IWRM approach,' GWP-TEC Policy Brief 7 (Stockholm: GWP, 2009).

⁵³ Ibid.

Ces outils ont souvent un coût moins élevé et peuvent être plus efficaces que ceux liés aux infrastructures et peuvent sans aucun doute compléter les infrastructures et veiller à leur bon fonctionnement. Ainsi, l'action contre les pénuries d'eau potentielles devrait accorder autant d'attention à la gestion de la demande qu'à l'accroissement de l'offre à travers l'adoption de technologies plus efficaces et la simple promotion d'une culture de conservation de l'eau. Ceci sera particulièrement important dans les zones où le volume total d'eau disponible diminue.

Ces mesures sont déjà mises en œuvre de façon rudimentaire dans de nombreux pays. Il s'agit par exemple, des restrictions imposées en période de stress hydrique. Les interventions techniques ciblées, telles que les programmes de réduction des fuites dans les réseaux municipaux de distribution, peuvent non seulement s'autofinancer, à travers les économies d'eau, mais aussi permettre de réaliser directement des économies d'énergie qui contribuent à atténuer le changement climatique.

La gestion de l'offre, visant à encourager un usage efficace de l'eau, présente également un énorme potentiel dans la mesure où, par exemple, les ménages à hauts revenus peuvent fortement réduire leur consommation et les agriculteurs sont, quant à eux, souvent en mesure d'accroître leur 'production par goutte d'eau consommée', ce que font souvent les industriels sous la contrainte de la régulation. Les industriels peuvent également installer les processus nécessitant de grandes quantités d'eau dans les zones disposant de ressources en eau abondantes. De même, les mesures incitant les usagers de l'eau à échanger leurs allocations d'eau, soit à travers les systèmes administratifs, soit par 'échange commercial', peuvent-elles contribuer à promouvoir un usage plus efficace de l'eau, même s'il est essentiel de traiter leurs conséquences sociales avec prudence.

Plus généralement, le commerce mondial a un impact considérable – à la fois positif et négatif – sur l'usage de l'eau. Il est nécessaire de le comprendre et de l'intégrer. Dans ce contexte, et comme cela a déjà été mentionné, la promotion des biocarburants comme source d'énergie pourrait, si elle n'est pas soigneusement planifiée et régulée, fortement aggraver les défis liés à la pénurie d'eau.

Au-delà de la gestion directe de l'eau, les instruments institutionnels, tels que l'aménagement du territoire, peuvent réduire de manière significative la vulnérabilité des communautés face aux catastrophes naturelles causées par l'eau s'ils reposent sur des données fiables sur les inondations. Cela démontre

qu'il est souvent possible de choisir parmi un éventail d'instruments liés aux infrastructures et aux institutions qui peuvent être utilisés afin de renforcer la capacité à faire face à ce type d'évènements. Ainsi, la capacité à faire face aux inondations peut résulter de la construction d'infrastructures de protection ou d'un aménagement du territoire restreignant les habitations dans les zones vulnérables.

L'urbanisme peut également y contribuer de façon différente. L'urbanisation rapide est souvent perçue comme un problème environnemental mais apporte également des bienfaits sur le plan de l'environnement. Par exemple, la demande en eau des ménages est généralement moins élevée dans les zones urbaines denses que dans les zones moins peuplées, notamment en raison de la quantité d'eau moins élevée utilisée pour les jardins. La planification et la construction de villes compactes peut se révéler être l'un des moyens les plus efficaces de réduire la demande en eau.

Équilibre et enchaînement des investissements

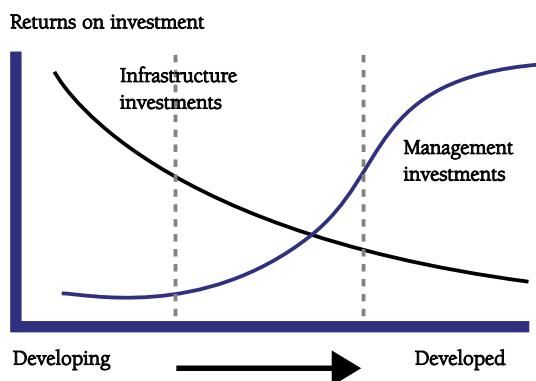
La sécurité en eau nécessitera presque toujours une combinaison d'investissements dans les infrastructures et dans les institutions. La bonne combinaison dépendra de nombreux facteurs hydrologiques, économiques, sociopolitiques et environnementaux. Historiquement, les investissements dans les infrastructures (artificielles et naturelles) sont relativement plus intéressants lorsque le nombre d'infrastructures hydrauliques est faible. Les investissements dans le renforcement de la capacité de gestion et le fonctionnement des infrastructures et des institutions augmentent, quant à eux, lorsque des infrastructures plus importantes et plus complexes existent déjà (voir schéma 6).⁵⁴

L'intensité accrue des inondations et des sécheresses extrêmes suggère que le changement climatique accroîtra la rentabilité des investissements dans les infrastructures permettant aux gestionnaires de l'eau de contrôler, stocker et d'assurer l'approvisionnement en eau dans des conditions 'plus torrentielles'. Par ailleurs, l'aggravation de la variabilité et de l'incertitude hydrologique contribuera à accroître de manière significative la valeur de l'information et celle d'avoir des institutions flexibles et adaptatives.

Il convient de mettre en place les différents éléments dans un ordre approprié. Par exemple, les nouveaux systèmes d'allocation ne peuvent être adoptés avant

⁵⁴ David Grey et Claudia W. Sadoff, 'Water for Growth and Development' dans *Thematic Documents of the IV World Water Forum*. (Ville de Mexico : Comisión Nacional del Agua, 2006).

Schéma 6. Association et enchaînement des investissements dans les infrastructures et la gestion de l'eau



Source: Banque mondiale, 'China Country Water Resources Assistance Strategy,' 2002.

que l'eau supplémentaire à répartir ne soit disponible, suite à la construction d'installations de stockage par exemple. Il est toutefois nécessaire d'obtenir préalablement suffisamment d'informations sur la ressource afin de concevoir des installations de stockage effectives et durables. L'association et l'enchaînement appropriés des investissements devront également tenir compte du défi connexe qui consiste à trouver le bon équilibre entre équité, efficacité économique et durabilité environnementale.

Informations et conception des infrastructures

Il existe un réel danger que la génération actuelle des investissements dans les infrastructures ne puisse faire face aux défis futurs. Certains éléments suggèrent que des infrastructures existantes ne seront plus viables et qu'il serait préférable de revoir leur conception ou de les mettre hors service. Il est possible que, dans les zones marquées par une forte diminution des précipitations, les réservoirs d'irrigation et les barrages hydroélectriques existants ne soient plus en mesure de générer le volume d'eau – et par conséquent de délivrer les avantages pour lesquels ils ont été conçus. À l'opposé, les infrastructures risquent de ne pas pouvoir faire face à une augmentation significative des précipitations qui pourrait entraîner l'éclatement des canalisations et le débordement des réservoirs. À long terme, le problème de l'applicabilité des normes existantes de conception des infrastructures risque ainsi de se poser.

Les paramètres de conception hydrologique doivent tenir compte du risque de variabilité due au changement climatique. Les progrès dans ce domaine

nécessitent de réhabiliter les infrastructures de suivi hydrologique, de rassembler les données existantes et d'en recueillir de nouvelles. A moins de commencer à rétablir les systèmes de base permettant d'obtenir des informations sur les ressources en eau, il est possible que les barrages n'atteignent pas les niveaux attendus d'eau ou d'électricité et que les nouvelles allocations d'eau se révèlent inexistantes.

Au-delà du défi immédiat et évident d'obtenir des informations afin de garantir la qualité de conception des infrastructures, il sera nécessaire, de manière générale, de surveiller les tendances relatives au volume d'eau disponible et à son utilisation. Ainsi, si le succès de l'adaptation dépend d'une efficacité accrue de l'utilisation de l'eau dans l'agriculture, il sera nécessaire de surveiller l'usage de l'eau et la production agricole. Il en va de même pour le suivi de l'expansion et de la performance des installations de traitement de l'eau et la surveillance de la qualité des cours d'eau, si des inquiétudes existent quant à l'impact des eaux usées des zones urbaines sur la qualité des cours d'eau.

Le suivi est actuellement irrégulier et tend à se concentrer sur les sites critiques ; et il est difficile d'établir, dans ces conditions, des tendances avant l'émergence de crises. Il est donc nécessaire d'intervenir de façon systématique afin de combler cette lacune. Pour commencer, la Division Statistique des Nations Unies encourage les pays à mesurer les différentes composantes du cycle de l'eau ('water accounting') dans le cadre des systèmes comptables nationaux. Comme le souligne la DSNU :

Ce n'est qu'en intégrant les informations économiques et hydrologiques avec les informations sur les autres ressources naturelles et sur les aspects sociaux du problème qu'il est possible d'élaborer des politiques intégrées et informées. Les responsables politiques qui prennent des décisions sur l'eau doivent être conscients des conséquences économiques probables. Ceux qui déterminent le développement des industries qui utilisent massivement les ressources en eau, soit comme matières premières dans leur processus de production, soit pour y déverser leurs eaux usées, doivent être conscients des conséquences de leurs décisions sur les ressources en eau à long terme et sur l'environnement de manière générale.⁵⁵

⁵⁵ DSNU, 'System of Environmental-Economic Accounting for Water,' Final Draft Version finale, New York 2009.

Intervenir à tous les niveaux

L'un des défis de la gestion des ressources en eau est de mener les actions adaptées au niveau approprié. A l'échelle du projet, les investissements hydriques devraient être conçus de manière à pouvoir résister au changement climatique. Au niveau du village, les interventions devraient chercher à réduire la vulnérabilité face au climat sur le plan social, économique et environnemental. La planification de l'économie devrait tenir compte des changements climatiques et de leurs conséquences potentielles sur des secteurs ou zones spécifiques. A l'échelle mondiale, la promotion des échanges commerciaux des produits fortement consommateurs d'eau (eau virtuelle) et des transferts ciblés de technologie pourraient favoriser l'adaptation.

Les effets de la variabilité, aggravés par le changement climatique, se font sentir à différents niveaux et doivent également être pris en charge à différents niveaux. Par exemple, les exploitants agricoles ont besoin d'informations pour pouvoir décider de ce qu'ils vont planter et quand ils vont le faire. Les sociétés du secteur de l'énergie doivent connaître l'origine probable de leur approvisionnement en eau et s'organiser en conséquence. En outre, les populations urbaines exigeront que les décisions prises en leur nom continuent de garantir un approvisionnement fiable pour les ménages comme pour l'activité économique. L'idéal serait que les institutions mises en place afin de gérer l'eau disposent de processus de prise de décisions efficaces.

Le changement climatique produit des effets très différents selon les zones géographiques. Dans ces conditions, il ne saurait y avoir une seule façon de procéder.

Les compromis restent inévitables

Le changement climatique imposera en réalité de nombreux compromis. Comme le montre clairement l'aperçu de l'interaction entre l'eau et le changement climatique ci-dessus, il n'existe pas de solution rapide pour les individus, les populations dans leur ensemble et les entreprises qui cherchent à s'adapter à l'avenir incertain que leur promet le changement climatique.

Des choix difficiles devront être faits, que ce soit limiter l'utilisation domestique de l'eau afin de réduire la pollution des fleuves déjà touchés, prélever l'eau actuellement utilisée par les zones humides ou réduire la production hydroélectrique afin d'accroître la fiabilité et la durabilité de l'alimentation en eau des zones urbaines (voir Encart 11).

Encart 11 : Des choix difficiles : le cas du fleuve Kavango en Afrique australe

La réduction du débit du fleuve Kavango, provoquée par le changement climatique devrait largement dépasser les propositions actuelles relatives aux usages alternatifs des eaux de Kavango, qui ne devraient pas être supérieurs à 5% du débit actuel. Le défi pour les responsables politiques est de décider s'ils doivent s'opposer à tout nouveau prélèvement, dans la mesure où les zones humides du Delta Okavango sont menacées, ou reconnaître que le changement se produira quoiqu'il arrive et autoriser de nouveaux prélèvements d'eau, en vue de son utilisation par l'homme, dans le cadre de l'adaptation à un environnement en évolution.

Bien que les zones humides absorbent les polluants et modèrent les débits des inondations, ces services rendus par l'écosystème présentent des coûts d'opportunité significatifs. Dans le climat aride du Botswana, la totalité du débit d'un fleuve de la même taille que l'Orange est utilisée simplement pour la préservation de son écosystème. L'eau qui pénètre dans le delta intérieur d'Okavango ne fait que s'évaporer alors que l'Orange approvisionne une grande partie de l'économie sud-africaine et alimente même une agriculture fluviale et une zone humide à son embouchure.

En raison du statut RAMSAR d'Okavango et de son importance touristique pour le Botswana, les propositions du pays frontalier, la Namibie, d'utiliser une petite proportion (2%) du débit annuel du fleuve pour la consommation humaine et agricole, ont suscité une vive opposition. Des inquiétudes existent également quant à une exploitation possible du potentiel agricole et hydrologique du fleuve dans la partie angolaise du bassin, située dans une région peu peuplée, d'où provient la grande majorité de l'eau du fleuve. De récentes études suggèrent toutefois que : « la mise en œuvre de tous les systèmes d'irrigation potentiels mentionnés dans les rapports disponibles devrait réduire le débit annuel de 2% ». Le rapport indique cependant que « les effets simulés du changement climatique sont considérablement plus importants que ceux des scénarios de développement ». En effet, les prévisions envisagent une réduction des débits annuels atteignant 26% pour la période 2070-2099.⁵⁶

Dans une région déjà aride, la Namibie devra faire face à de graves défis si le changement climatique réduit les précipitations régionales, comme cela est prévu. Elle devra également trouver un équilibre entre les besoins des communautés et ceux de l'écosystème des zones humides d'Okavango dont la superficie se réduira 'naturellement' en conséquence. Face à cette situation, il serait approprié de répartir ce fardeau entre les trois pays – Namibie, Botswana et Angola – et d'autoriser un certain niveau de prélèvement au prix d'une réduction limitée et supplémentaire des zones humides. Un mécanisme institutionnel devra être mis en place afin de faciliter ce processus mais celui-ci ne sera effectif que si les trois pays reconnaissent le principe qu'aucun usage de l'eau – environnemental, social ou économique – n'est sacro-saint et accepte la nécessité de faire des compromis à l'avenir.

⁵⁶ Lotta Andersson, Julie Wilk, Martin C. Todd, Denis A. Hughes, Anton Earle, Dominic Kniveton, Russel Layberry et Hubert H.G. Savenije, 'Impact of climate change and development scenarios on flow patterns in the Okavango River,' *Journal of Hydrology*, Volume 331, Editions 1-2, 30 novembre 2006, pp. 43-57.

3.3 Adapter la GIRE à l'adaptation

Le changement climatique exigera de réexaminer les approches actuelles de gestion de l'eau, ainsi que la conception de nombreux éléments des zones urbaines et des infrastructures économiques et sociales de manière générale. Dans ce contexte, les enseignements tirés de l'expérience des zones actuellement confrontées à des conditions extrêmes peuvent être précieux. La gestion de l'eau est toujours guidée par les circonstances locales, pourtant plusieurs domaines devront clairement faire l'objet d'une plus grande attention dans tous les pays.

Gestion des risques de catastrophes

Les actions intelligentes et adaptatives dépendront d'une compréhension systématique des risques et des effets potentiels du changement climatique et de leur application à des situations spécifiques. A cet égard, il sera nécessaire d'associer de façon plus étroite l'expertise des hydrologues et des ingénieurs à celle des gestionnaires de risque dans le secteur de l'assurance, des spécialistes de la gestion des catastrophes et des personnes chargées de la planification régionale. Bien que ce processus ait commencé dans certaines zones, les pays et les agences spécialisées devront favoriser ce type d'interactions de façon systématique afin d'identifier les nouveaux risques et ceux qui évoluent, de les classer selon leur effet et incidence probables et d'élaborer des stratégies afin de réduire ces risques.

L'intégration des systèmes de gestion des catastrophes au sein des institutions de gestion de l'eau est un défi institutionnel particulier. Les institutions de gestion des catastrophes disposent déjà de nombreuses connaissances sur la gestion des phénomènes extrêmes. En partant du principe que les événements jadis considérés rares se produiront plus fréquemment, ces connaissances auront une application plus large et plus générale à l'avenir.

Le processus d'adaptation présente de nombreux défis sociaux, techniques et institutionnels. Les décideurs politiques doivent être convaincus de la nature des problèmes futurs avant d'accepter de leur consacrer du temps et des ressources. De même, les comportements devront changer au niveau des communautés afin de prévenir les risques qui ont été identifiés. L'expérience récente dans le domaine de la gestion des fortes inondations montre que, dans le cadre de la gestion des catastrophes avant un phénomène extrême, la mise en œuvre de mesures préventives, pour informer la population des risques et faire en sorte qu'elle sache réagir en cas de besoin, fait toute la différence entre un sinistre et une tragédie (voir Encart 12).

Encart 12 : Les enseignements des inondations du millénaire au Mozambique

Les inondations qui ont touché le Mozambique en 2000 ont fait plus de 700 victimes, détruit des dizaines de milliers d'habitations ainsi qu'une grande partie des infrastructures économiques. Malgré tout, et bien que ces inondations aient été causées par une combinaison unique d'événements extrêmes, leur bilan aurait pu être bien plus lourd sans la coopération des autorités de gestion des catastrophes et des gestionnaires de l'eau. Ensemble, ils ont été capables de prévoir en grande partie l'impact des inondations et de prendre des mesures afin de protéger les populations vulnérables.

Ils ont également été confrontés à un ensemble de défis techniques, sociaux et politiques. Un extrait de leurs conclusions est présenté ci-dessous :

La modélisation soutenue par les données obtenues sur le terrain et par satellite, est un élément essentiel des prévisions précises des inondations à court terme. A l'exception de Limpopo, aucun des bassins du pays ne dispose de modèles calibrés. La précision des prévisions est à son tour une condition préalable à la crédibilité des alertes auprès du public mais aussi à la confiance des responsables politiques dans le système d'alerte précoce et par conséquent aux ressources qui lui sont consacrées.

Source: Flood management in Mozambique, Hellmuth, M.E., Moorhead, A., Thomson, M.C., et Williams, J. (eds.) 2007. Climate Risk Management in Africa: Learning from Practice. International Research Institute for Climate and Society (IRI), Columbia University, New York, Etats-Unis.

Information et coopération

Comme cela a déjà été indiqué, la gestion d'une incertitude croissante et de la variabilité du système hydrologique accroîtra la valeur des informations et de la coopération dans le domaine de la gestion de l'eau à tous les niveaux. Il est impératif, dans ce contexte, de mettre l'accent sur le besoin d'informations.

Il est possible de réaliser des estimations théoriques des événements probables et de leur fréquence. Il sera cependant de plus en plus important de suivre les tendances afin de réduire l'incertitude et d'accroître l'efficacité des interventions.

Les informations fiables sur les utilisations actuelles de l'eau sont actuellement limitées et incomplètes. Ainsi, bien que les services urbains puissent fournir des informations détaillées sur les volumes qu'ils produisent et distribuent, leurs chiffres n'incluent pas les autres sources d'eau (par exemple les puits et les forages) qui peuvent être importantes dans certaines communautés urbaines. L'utilisation de l'eau par l'agriculture est souvent estimée sur la base d'évaluations passées, ce qui rend l'évaluation de l'utilisation actuelle et des

changements de l'efficacité de l'eau difficile. Il est encore plus difficile d'évaluer la qualité de l'eau, en particulier dans la mesure où, dans de nombreux cas, l'intérêt des pollueurs est de dissimuler leurs données par peur des poursuites.

Le processus de mesure des différentes composantes du cycle de l'eau ('water accounting') est une base de départ importante. Peu de pays sont aujourd'hui en mesure d'établir des 'bilans eau' bien que les contraintes de plus en plus importantes du changement climatique soient autant de raisons d'intervenir dans ce domaine. Il sera par ailleurs nécessaire de créer et de renforcer les partenariats entre gestionnaires et usagers de l'eau afin d'obtenir une idée précise de la situation nationale dans le domaine de l'eau.

Qualité de l'eau

Le changement climatique exigera une plus grande attention sur la qualité de l'eau. Le GIEC indique, avec un niveau de probabilité élevé, que l'augmentation des températures et l'incidence d'inondations et de sécheresses plus intenses auront un impact sur la qualité de l'eau et aggraveront la pollution de l'eau sous plusieurs formes. Cette situation sera en partie simplement due au fait que les cours d'eau seront moins en mesure de diluer et d'éliminer les polluants en raison de la réduction de leur débit. L'eau transportée par les inondations à travers différents paysages emportera au passage des sédiments, des agents pathogènes et des pesticides. L'intrusion des eaux salées est un autre défi pour la qualité de l'eau qui sera aggravé par le changement climatique.

Il sera crucial de comprendre ces dynamiques afin d'éviter de porter préjudice aux écosystèmes, à la santé de la population et à la fiabilité des systèmes hydriques, et afin d'accroître les coûts de fonctionnement de ces derniers. Il s'agit d'un autre domaine dans lequel la capacité d'action des gestionnaires des ressources en eau devra être renforcée.

Droits d'eau et mécanismes d'allocation de l'eau

Compte tenu de l'incidence de plus en plus fréquente des événements extrêmes et de leur imprévisibilité accrue, les droits d'eau et les mécanismes d'allocation de l'eau devront faire l'objet d'un réexamen complet de la part des décideurs politiques et des gestionnaires de l'eau. Les droits et allocations d'eau reposent souvent sur les tendances historiques du volume d'eau disponible. La modification de la quantité d'eau disponible du fait du changement climatique est susceptible de remettre en question les accords de répartition de l'eau. Les droits et mécanismes passés risquent de ne plus être

viables. Les systèmes de droits d'eau et les mécanismes d'allocation de l'eau et de résolution des conflits devront être mis en place ou renforcés afin de répondre à cette nouvelle réalité. Il sera également nécessaire d'établir des systèmes flexibles afin de répondre à des niveaux extrêmes d'eau disponible et d'imprévisibilité.

Il est souvent suggéré que la tarification de l'eau et l'échange des droits d'eau constitue le meilleur mécanisme d'allocation de l'eau entre usagers lorsque les circonstances évoluent. Pourtant, ceci ignore souvent que les utilisations de l'eau s'inscrivent sur le long terme, et qu'il est difficile et parfois impossible de transporter l'eau d'un groupe d'usagers à un autre afin de faire face à la variabilité à court terme. Ainsi, le bilan économique de la récente sécheresse qui s'est abattue pendant plusieurs années consécutives sur le bassin australien Murray-Darling a été limité par la façon dont l'eau a été répartie entre les usagers dans leur système d'allocation de l'eau.

Le grand défi pour les pays dont la quantité d'eau disponible devrait diminuer sous l'effet du changement climatique sera d'identifier des mécanismes visant à adapter les droits d'eau existants. Bien que l'échange des droits d'eau puisse être utile, il est plus important que les systèmes d'allocation de l'eau reconnaissent qu'ils évoluent dans un environnement dans lequel les quantités d'eau disponible changeront et qu'ils établissent des règles afin de faire face à ces changements.

La législation sud-africaine dans le domaine de l'eau limite par exemple, la durée des permis d'utilisation à 40 ans maximum. La législation prévoit également des révisions de l'allocation de l'eau à l'échelle du bassin tous les cinq ans, si nécessaire.⁵⁷ L'absence de ce type de révision régulière peut entraîner des situations difficiles. Ainsi, en Australie, il est généralement accepté que, avant même de tenir compte de l'impact du changement climatique, les prélèvements d'eau doivent être réduits afin de fournir un volume suffisant d'eau pour la protection des écosystèmes. En l'absence d'autres mécanismes, les gouvernements sont contraints d'envisager des programmes coûteux en 'rachetant' les allocations d'eau et en compensant les usagers existants pour la perte d'une partie de leur allocation.

Repenser le stockage, le transfert et la réutilisation de l'eau

Le changement climatique affectera non seulement le volume adéquat d'eau stockée mais aussi le type approprié de stockage (naturel, artificiel, petite ou grande échelle). Les débats sur le stockage ont tendance à se concentrer sur les grands barrages artificiels. Il existe cependant un ensemble d'options de

⁵⁷ Government of South Africa, National Water Act 1998.

stockage. Celles-ci incluent le stockage naturel, tel que les nappes phréatiques (rechargées naturellement et artificiellement), les zones humides et les lacs, et les installations de stockage de toute taille, dont les équipements de récupération de l'eau de pluie au niveau des ménages, les citernes communautaires traditionnelles, les petits barrages et déversoirs et les grands réservoirs.

Outre le stockage naturel et artificiel de l'eau, des mécanismes 'virtuels' et 'financiers' peuvent être établis afin de 'stocker' les bienfaits de l'eau. Le stockage de l'eau est essentiellement une couverture contre la perte de ces bienfaits en l'absence d'eau disponible. Les réserves stratégiques de céréales peuvent être considérées comme des stocks d'eau incorporée, amassés pendant les années de forte production et redistribués pendant les périodes de faible production. Les assurances climat et agricole peuvent être considérées comme des mécanismes de stockage financier qui assurent les revenus agricoles par des moyens financiers, plutôt que d'assurer la production agricole à travers l'amélioration de la fiabilité de l'irrigation (c'est à dire une augmentation des volumes d'eau d'irrigation parfaitement maîtrisés). Lorsque le stockage de l'eau a pour but d'améliorer la fiabilité de l'approvisionnement des produits (agricoles ou industriels) nécessitant de grandes quantités d'eau, les échanges commerciaux de ce type de produits ou d'eau virtuelle peuvent être considérés comme des alternatives importantes au stockage réel d'eau.

Les avantages ou inconvénients comparatifs des différents types de stockage changeront au gré du changement climatique. Les options qui, à un moment donné, n'étaient pas jugées opportunes ou nécessaires pourraient devenir intéressantes dans un avenir proche. A l'inverse, il est possible que des options jugées intéressantes par le passé ne le soient plus à l'avenir. Il est également possible que certains types de stockage existants ne soient plus viables et que de nouveaux doivent être réalisés. Dans certains cas, il sera nécessaire de modifier l'infrastructure afin de tenir compte de l'évolution des conditions, c'est à dire en ajoutant des prises d'eau aux niveaux inférieurs du réservoir des barrages hydroélectriques ou en modifiant le fonctionnement de l'infrastructure. Dans d'autres cas, l'alternative rationnelle sera de mettre l'infrastructure hors service; la réutilisation des eaux usées sera également plus importante. Il est ainsi essentiel de réexaminer l'ensemble des options liées aux infrastructures à la lumière du nouveau contexte et de réévaluer leurs avantages et leurs inconvénients.

La possibilité de transférer l'eau entre différents bassins entre dans ce cadre. Dans une situation de variabilité et de pression de plus en plus forte sur les

ressources en eau, la capacité à transférer l'eau d'un bassin à un autre peut être intéressante, particulièrement dans les régions caractérisées par une forte augmentation de la demande en eau des zones urbaines et des secteurs économiques clés. Ainsi, la Chine s'est lancée dans un transfert d'eau à grande échelle du Yangtze au bassin du Fleuve Jaune. Des projets similaires font l'objet d'intenses débats dans des pays aussi variés que l'Inde, l'Australie et l'Espagne alors que d'autres, comme l'Afrique du Sud, le Mexique et les États-Unis ont déjà beaucoup recours à ce type de transferts.

Les transferts permettent de distribuer l'eau d'une zone à une autre. Autre avantage aussi important, ils améliorent la fiabilité de l'approvisionnement en eau et par conséquent la capacité de résistance des systèmes dans la mesure où différents bassins présentent généralement différents profils de variabilité. La contribution des transferts interbassins dans le renforcement de la capacité de résistance des systèmes est susceptible d'accentuer l'importance de ce type d'aménagements dans les différents scénarios de prévision du changement climatique si les défis environnementaux que pose leur application peuvent être relevés.

Eviter la fragmentation

Compte tenu de la grande incertitude et des défis de l'action collective, ni l'adaptation ni la gestion des ressources en eau ne peuvent être considérées comme des projets ponctuels. Les deux visent à créer des organisations dynamiques disposant des outils et de la capacité à réagir de manière stratégique et efficace à l'évolution des circonstances. Il est nécessaire, pour y parvenir, d'impliquer les gestionnaires des secteurs affectés ainsi que les décideurs de façon à développer une compréhension commune des défis et prendre des mesures qui y soient adaptées.

L'eau n'est qu'un facteur parmi d'autres du développement social et économique, sa gestion doit donc être associée aux initiatives plus vastes de planification et de développement. Il est essentiel de garantir la participation effective des gestionnaires de l'eau dans les processus de planification du développement national des pays concernés le cas échéant. Mais pour cela, il est tout aussi important que les décideurs économiques, et des autres secteurs clés qui utilisent l'eau, soient conscients de la nécessité d'aborder les problématiques de l'eau.⁵⁸

⁵⁸ Mike Muller: "Cómo integrar la GIRH y las estrategias y los planes de desarrollo nacionales" (*How to integrate GIRH and national development plans and strategies*), en el Informe de Políticas N° 6 del Comité Técnico de GWP (*GWP-TEC Policy Brief 6*). (Estocolmo: Asociación Mundial para el Agua, 2008).

Il existe un risque que les efforts de gestion des ressources en eau soient négligés au profit de la planification des actions d'adaptation. La recommandation stratégique générale est que, même si des efforts ciblés peuvent être nécessaires afin d'identifier et de mettre en œuvre des stratégies d'adaptation, celles-ci devraient être intégrées – et non réalisées parallèlement – aux travaux actuels dans le domaine de la gestion des ressources en eau. Les deux doivent être intégrés dans les stratégies nationales de développement, et les processus spécifiques devraient être évités, en particulier dans le contexte de l'aide au développement.⁵⁹

4. FINANCER LA GESTION ADAPTATIVE DES RESSOURCES EN EAU

Bien que toutes les réunions internationales sur le thème de l'eau depuis Mar del Plata en 1977 aient souligné l'importance de la gestion des ressources en eau, il est reconnu que le financement en faveur de la gestion des ressources en eau n'a pas reçu l'attention qu'il mérite. Il est difficile, dans ces conditions, d'évaluer le financement supplémentaire nécessaire pour renforcer les initiatives liées à la gestion des ressources en eau de façon à ce qu'elles répondent aux défis du changement climatique comme aux autres contraintes plus immédiates qui ont été identifiées.

Le Groupe de travail 'Financement de l'eau pour tous' créé par le Conseil mondial de l'eau, le Partenariat mondial de l'eau et le Secrétariat du 4e Forum mondial de l'eau afin de prolonger la dynamique du Panel Camdessus, a principalement abordé les besoins de financement de l'agriculture et des autorités locales mais a fait les observations suivantes:

*Le bassin est l'unité de gestion des ressources spatiales, telles que les terres et l'eau et permet d'examiner l'ensemble des problématiques de la gestion des ressources en eau. Les liens et les synergies entre ces différents aspects sont mis en valeur dans l'approche de Gestion intégrée des ressources en eau, à laquelle adhèrent de plus en plus de décideurs politiques. La création des données et des plans GIRE et la capacité de coordination elle-même nécessitent un financement approprié. **Certaines fonctions citées ci-dessus sont plus faciles à financer que***

⁵⁹ Tom Mitchell, Simon Anderson y Saleemul Huq: "Principios para Brindar Financiamiento para la Adaptación" (*Principles for Delivering Adaptation Finance*), Instituto de Estudios para el Desarrollo (*Institute of Development Studies*), 2008.

d'autres, et certaines d'entre elles nécessiteront un financement public (provision des biens publics, tels que le contrôle des inondations et la collecte de données). Les différents éléments de l'eau pour l'agriculture devraient être solidaires sur le plan financier.⁶⁰

De même, il a été signalé que les progrès réalisés dans le domaine de l'élaboration et la mise en œuvre des plans GIRE demandées par le Plan de mise en œuvre du Sommet mondial pour le développement durable de Johannesburg ont été sporadiques. Ce processus a également révélé que les activités proposées constituaient un défi majeur et il a été recommandé à la Commission du développement durable (CSD16) en 2008 que : 'les pays établissent des feuilles de route et des stratégies de financement pour la mise en œuvre de leurs plans avec l'appui des Organismes d'assistance extérieure (y compris les Nations Unies, les bailleurs et les ONG) à leur demande'.⁶⁹

Deux messages se dégagent de ces sources : premièrement, la gestion et la mise en valeur intégrées des ressources en eau est une activité importante et deuxièmement, ses besoins de financement et les stratégies financières qui ont pour objectif de les satisfaire n'ont pas encore été abordés de manière appropriée. Afin de combler cette lacune, des mesures, guidées en partie par les difficultés de prendre part aux négociations politiques relatives au changement politique, ont été prises afin d'identifier les besoins financiers et les sources financières appropriées pour la GIRE.

Le peu d'attention accordé aux stratégies de financement en faveur de la gestion des ressources en eau est historique et est dû en grande partie au fait que les acteurs du secteur de l'eau se concentrent dans l'ensemble sur les priorités à court terme et immédiates dans le domaine de la lutte contre la pauvreté, telles que l'approvisionnement en eau et l'assainissement et les activités 'rentables', telles que l'hydroélectricité et l'alimentation en eau industrielle.

La capacité de gestion des ressources en eau de nombreux pays pauvres a souffert pendant les années d'ajustement structurel marquées par une réduction des dépenses publiques. Souvent, ce sont les fonctions de gestion des ressources en eau et les fonctions hydrologiques qui ont souffert le plus car la priorité à court terme était d'assurer l'approvisionnement en eau et l'assainissement. Dans ces circonstances, de nombreux pays ne sont même pas en mesure de maîtriser la variabilité climatique actuelle, non pas en raison d'une mauvaise compréhension des stratégies requises mais du manque de

⁶⁰ Winpenny, 2003.

⁶¹ UN-Eau. 'Status Report on IWRM and Water Efficiency Plans for CSD16,' 2008.

moyens pour les mettre en œuvre. Ces pays demandent souvent pourquoi ils devraient lutter contre le changement climatique de demain alors qu'ils n'ont pas les moyens de maîtriser la sécheresse aujourd'hui.

A ce jour, les débats qui ont eu lieu dans les processus mondiaux visant à élaborer des mesures efficaces face au changement climatique ont porté avant tout sur le défi de l'atténuation. Ceci reflète le sentiment très répandu que la priorité immédiate est d'agir afin de réduire l'ampleur du changement causé par l'homme. L'adaptation fait l'objet d'une plus grande attention dans la mesure où il est de plus en plus évident qu'un changement significatif est très probable.

L'adaptation au changement climatique exige de trouver une solution au problème de son financement qui sera supporté en particulier par les pays pauvres dont la capacité de résistance au changement climatique est moins développée. L'Afrique et l'Asie du sud en particulier seront confrontées aux pires formes du changement climatique et devront faire face à ces défis alors qu'elles sont parmi les régions les moins capables d'y parvenir. Même dans les régions confrontées à des changements climatiques de portée et d'ampleur similaires, leurs effets affecteront moins les pays et communautés qui disposent des institutions et des capacités de gestion des ressources en eau.

C'est pourquoi il est nécessaire de mobiliser des ressources afin de financer les actions d'adaptation. Ce point de vue est de plus en plus accepté et des négociations sérieuses sont en cours. Le paysage du financement de l'adaptation évolue rapidement et le présent document n'a pas pour objet de faire des recommandations spécifiques sur les processus actuels.

Le débat sur les sources potentielles de financement devrait reposer sur une meilleure compréhension de la façon dont ces fonds doivent être mis en œuvre. Il s'agit d'un aspect parfois ignoré.⁶² Quelques principes généraux ont été établis en matière de financement de l'adaptation.⁶³ Ces principes mettent l'accent, entre autres, sur l'importance d'accorder la priorité aux intérêts des groupes les plus vulnérables.

Trois principes de base devraient guider l'élaboration des mécanismes de financement de l'adaptation dans la mesure où cela affecte la gestion des ressources en eau.

⁶² Voir par exemple S. Spratt, 'Assessing the alternatives: Financing climate change mitigation and adaptation in developing countries,' New Economics Foundation, 2009 à l'adresse Web suivante : www.stampoutpoverty.org/climatefinancereport.

⁶³ Mitchell, Anderson et Huq, 2008.

Encart 13 : Les coûts du changement climatique pour les villes d'Afrique sub-saharienne

Le coût de l'adaptation des infrastructures urbaines de l'eau en Afrique a été estimé entre 1,05 et 2,65 milliards de dollars US par an:

Stockage de l'eau en zone urbaine 0,5 – 1,5 milliard de dollars US (coût d'investissement) soit, 50–150 millions de dollars US par an

Traitement des eaux usées 100 – 200 millions de dollars US par an

Production électrique 0,9 – 2,3 milliards de dollars US par an

(Ces montants n'incluent pas les coûts de réhabilitation des infrastructures défectueuses)

Le coût des nouveaux aménagements est également susceptible d'augmenter, l'augmentation estimée est de 0,99 à 2,55 milliards de dollars US par an. En général, le coût unitaire marginal de la mise en valeur des ressources en eau pour l'approvisionnement en eau potable des zones urbaines augmente avec chaque nouveau m³ d'eau fourni. Il est donc prudent de supposer que les coûts de l'adaptation au changement climatique de nouvelles structures seront similaires à ceux qui concernent des systèmes existants.

Stockage de l'eau en zone urbaine 150 – 500 millions de dollars US (coût d'investissement)

(Approvisionnement en eau de 150 millions de personnes supplémentaires) 50–150 millions de dollars US par an

Traitement des eaux usées 75–200 millions de dollar US par an (sur la base d'une augmentation du nombre de personnes bénéficiant de ce service de 100 millions)

Production électrique 0,9 – 2,3 milliards US\$ par an (sur la base du doublement de la capacité installée)

Les zones urbaines devront supporter bien d'autres coûts à travers le cycle de l'eau. Il est particulièrement difficile de quantifier les conséquences économiques, sur les zones urbaines, de la pénurie d'eau dans les zones rurales. Toutefois, la migration urbaine constitue un défi en termes de gestion pour presque toutes les villes africaines. Toute diminution de la production agricole aura certainement des effets secondaires sur les économies des villes.

Le changement climatique engendrera des coûts supplémentaires dans la construction des routes et l'évacuation des eaux de pluies en raison de la non utilisation des terres menacées par les inondations et le renforcement de la protection des zones habitées contre les inondations. Ces effets ainsi que d'autres effets indirects sont localisés. Il est par conséquent moins facile d'évaluer leurs coûts à l'échelle régionale.

La question des inondations souligne le fait que le changement climatique ne sera peut-être pas toujours négatif dans la mesure où une réduction des précipitations pourrait avoir un impact positif sur les zones habitables. Cependant, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des tempêtes extrêmes ne modifierait pas de façon significative la superficie des zones inondables dans un avenir plus sec, ce qui bloquerait toute expansion possible des zones habitables. futuro más seco, el que contrarrestaría cualquier expansión posible de las áreas habitables.

Source: Mike Muller, 'Adapting to climate change: Water management for urban resilience,' *Environment and Urbanization* 19, No. 1 (2007): 99-113.

- Comme la GIRE, considérée comme l'approche référence sur le plan international dans le domaine de la gestion des ressources en eau, est adaptative par nature, tout nouveau mécanisme de financement devrait en premier lieu lui assurer un financement à long terme.
- Les investissements dans les infrastructures dans le cadre de la gestion des ressources en eau produisent souvent, en plus de l'approvisionnement en eau et en électricité, des biens publics essentiels qui devraient être pris en compte par les mécanismes de financement.
- Compte tenu du fait que les ressources en eau ne tiennent pas compte du découpage administratif, des dispositions particulières devraient être prises afin de financer les activités relatives à la gestion de l'eau, sans tenir compte des limites administratives, que ce soit à l'échelle locale, régionale, voire même, le cas échéant, nationale.

4.1 Le financement de base en faveur de la gestion de l'eau est un financement de base en faveur de l'adaptation

La Déclaration de Paris sur l'efficacité de l'aide devrait servir de guide pour le financement des actions d'adaptation des pays pauvres, en évitant les instruments spécifiques et thématiques partout où cela est possible. Un thème récurrent des premiers travaux relatifs à la gestion de l'eau et l'impact du changement climatique a trait au besoin d'«intégrer» l'activité dans la planification et la gestion globales du développement.

Le financement durable et continu en faveur de la capacité de gestion des ressources naturelles, des institutions et des infrastructures nationales devrait par conséquent être considéré comme une priorité des principaux instruments d'aide extérieure. L'objectif devrait être de garantir que les institutions qui devront relever les défis de l'avenir puissent développer et maintenir leurs capacités à long-terme.

Il est possible que les institutions et les systèmes de gestion des ressources en eau deviennent plus autonomes au fur et à mesure de leur développement et que l'utilisation croissante de l'eau augmente le potentiel de recouvrement des coûts auprès des usagers. Cependant, les nouveaux systèmes mis en place dans les pays en voie de développement caractérisés par une faible utilisation de l'eau nécessiteront un financement public pendant une longue période. Par ailleurs, il y aura toujours des éléments de la gestion des ressources en eau relevant des 'services publics' qui mériteront un soutien public.

Dans ce contexte, les investissements en faveur de la gestion des ressources en eau devraient être considérés comme des investissements en faveur du

développement durable qui apportent également des bienfaits en matière d'adaptation. Les projets polyvalents, tels que le développement de l'hydroélectricité (qui permet également de lutter contre les inondations et les sécheresses) permettent également de mettre en place des financements en faveur de l'atténuation présentant en outre des avantages en matière d'adaptation. Ce type d'investissement polyvalent doit faire l'objet d'un examen plus approfondi et devrait être favorisé dans l'architecture du financement de l'adaptation.

De nombreux éléments de la gestion des ressources en eau présentent des caractéristiques de biens publics ou de biens tutélaires. Ils fournissent des services qui bénéficient à l'ensemble de la société plutôt qu'à des groupes d'utilisateurs spécifiques. Ces bénéfices méritent également un financement public même s'ils bénéficient à des groupes spécifiques.

Le recueil et la diffusion d'informations sur les ressources en eau est un exemple classique de bien public. Plus les sociétés développent leurs connaissances et leur compréhension de l'eau, plus elles sont susceptibles d'être en mesure de s'adapter aux changements concernant le volume d'eau disponible ou aux autres contraintes pesant sur les ressources. C'est pourquoi, il est tout à fait légitime d'exiger un soutien budgétaire accru en faveur des institutions de gestion des ressources en eau qui mettent l'accent sur le suivi des ressources, l'analyse des informations, l'implication du public afin de lui présenter les conséquences des informations obtenues et d'élaborer des stratégies appropriées.

Les actions de prévention des inondations, comme la promotion d'un meilleur aménagement des zones vulnérables aux inondations ou la construction d'ouvrages de protection contre les inondations ou de stockage constituent des biens tutélaires typiques. La réduction de la vulnérabilité face aux inondations ne bénéficiera pas uniquement aux communautés concernées mais aussi à l'ensemble de la société qui n'aura plus à supporter le coût des dégâts des inondations ni celui des interventions.

Le financement de la gestion des ressources en eau et du développement auquel elle contribue devrait reconnaître et couvrir les éléments de l'intervention liés aux biens tutélaires. Étant donné que les bénéfices apportés par la gestion des ressources en eau s'étendent très souvent sur de très longues périodes (des siècles dans le cas des grands ouvrages de protection contre les inondations), ces éléments, qui ne pourront pas être financés à travers les mécanismes traditionnels de financement des projets, nécessitent des mécanismes de financement appropriés. À cet égard, la gestion des ressources en eau est confrontée au même défi que les interventions climatiques qui sont

manifestement nécessaires à long terme mais dont l'exécution n'est pas nécessairement 'rentable'.

4.2 Financement transfrontalier – promouvoir les actions coopératives

Les fonds spécifiques à l'adaptation, pour autant qu'ils soient accordés, devraient dépasser le cadre des solutions nationales et permettre la réalisation de biens publics et de solutions coopératives à l'échelle du bassin transfrontalier. Le financement de l'adaptation ne devrait pas favoriser les interventions nationales là où les interventions multinationales peuvent être plus efficaces. Il en va de même pour les structures sous-nationales dans les systèmes fédéraux.

Ainsi, dans certains bassins transfrontaliers, il est possible que les meilleures interventions qu'un pays puisse mener dans le domaine de l'adaptation au changement climatique concernent les systèmes d'information et de suivi à l'échelle du bassin ou les investissements dans des infrastructures et/ou des activités situées en amont dans un pays riverain voisin. Le financement international en faveur de l'adaptation devrait être généralisé dans le cadre des accords actuels relatifs à l'efficacité de l'aide. Il convient également d'établir des mécanismes afin d'encourager les pays à envisager des options privilégiant la coopération et favoriser des solutions coopératives en matière de gestion de l'eau entre pays le cas échéant.

Dans le bassin du Ganges par exemple, le débat a conclu, depuis longtemps, que la meilleure façon de contrôler les inondations et d'augmenter les débits fluviaux pendant les saisons sèches en Inde et au Bangladesh (les pays riverains en aval) serait d'investir dans la régulation du fleuve et le stockage de l'eau au Népal (un pays riverain en amont).

Le système actuel de financement de l'adaptation repose, cependant, sur une approche exclusivement nationale. Afin de promouvoir les meilleures solutions, le financement en faveur de l'adaptation devrait être structuré de façon à favoriser les solutions à l'échelle du bassin. Des mesures incitatives devraient être adoptées afin d'encourager les pays à envisager les options coopératives et, lorsque celles-ci sont les plus adaptées, à les concrétiser.

Il est également nécessaire de tenir compte des questions 'interjuridictionnelles' aux échelons administratifs inférieurs. De nombreuses interventions liées à la gestion des ressources en eau sont menées au niveau de l'unité hydrologique qui souvent ne suit pas le découpage administratif. Cette situation peut fortement compliquer les dispositifs de financement et empêcher les investissements d'atteindre leur rendement optimal. C'est le cas

par exemple lorsque deux municipalités construisent des ouvrages de stockage séparés dans le même bassin alors que la construction d'une installation commune aurait été plus rentable.

Les instruments innovants visant à promouvoir la coopération interjuridictionnelle sont nécessaires, tout comme le financement direct des investissements interjuridictionnels. Ces questions devraient être abordées à la fois aux niveaux national et sous-national (dans les systèmes fédéraux) dans le cadre de la révision actuelle du financement de la GIRE.

5. CONCLUSIONS



L'ampleur des échelles de temps et le degré d'incertitude associés au changement climatique exigent des actions d'adaptation à même d'apporter des bienfaits immédiats tout en mettant en place des institutions solides et adaptatives dont le but est d'assurer la capacité de résistance des sociétés au changement climatique sur le long terme. C'est exactement l'objet des investissements dans la gestion des ressources en eau; ils sont par nature des investissements dans l'adaptation.

L'accent sur la réalisation et la préservation de la sécurité en eau apporte des bénéfices immédiats, en particulier pour les populations mal desservies et vulnérables et renforce la capacité à gérer les risques futurs. Les investissements actuels dans la sécurité en eau devraient être considérés comme un élément explicite d'une stratégie cohérente à plus long terme en faveur de l'adaptation qui permettra de construire un monde plus résistant à l'avenir.

Le soutien aux systèmes d'information, institutions et investissements clés dans le domaine de la gestion des ressources en eau – et non aux initiatives fragmentées de 'prise en compte du changement climatique' (climate proofing) répond aux principes de bonnes pratiques en matière d'efficacité de l'aide et constitue un cadre durable et efficace pour la réalisation de la sécurité en eau et l'intégration des initiatives d'adaptation dans les plans nationaux de développement.

Le Global Water Partnership, (GWP), créé en 1996, est un réseau international ouvert à toutes les organisations concernées par la gestion des ressources en eau : les pays développés et les pays en développement, les autorités gouvernementales, les organisations de l'ONU, les banques bilatérales et multilatérales de développement, les associations professionnelles, les instituts de recherche, les O.N.G., et le secteur privé. Le GWP a été créé pour stimuler la Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) dont le but est d'assurer le développement et la gestion coordonnés de l'eau, des territoires et des ressources qui s'y rapportent afin de maximiser le bien-être économique et social de manière équitable et sans toutefois compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux.

Le GWP oeuvre pour la Gestion intégrée des ressources en eau en organisant aux niveaux mondial, régional et national des forums dont le but est d'aider les intéressés à mettre en oeuvre de façon pratique la Gestion intégrée des ressources en eau. Ce partenariat est doté d'un Comité Technique (TEC) qui est un groupe composé de 12 personnes de réputation internationale, des spécialistes et des scientifiques dans tous les domaines de la gestion de l'eau. Ce comité, dont les membres viennent du monde entier, apportent aide et conseils techniques aux autres Comités techniques régionaux ainsi qu'au reste du partenariat. Le TEC a été chargé de développer un cadre analytique du secteur de l'eau ainsi que de proposer des actions qui permettent de promouvoir une gestion durable des ressources en eau. Il entretient de constants rapports avec les Comités Techniques Régionaux (RTAC) du GWP dans le monde entier pour faciliter la mise en oeuvre de la Gestion intégrée des ressources en eau aux niveaux national et régional. Les présidents des RTAC participent aux travaux du TEC.

L'adoption au niveau mondial de la Gestion intégrée en eau et sa mise en oeuvre nécessitent un changement dans la façon dont la communauté internationale mène ses activités, particulièrement en ce qui concerne la manière dont sont effectués les investissements. Pour réaliser des changements de cet ordre et de cette ampleur, il est nécessaire de trouver de nouvelles méthodes pour aborder les problèmes posés aux niveaux mondial, régional et conceptuel dans le cadre des actions à mettre en oeuvre.

Cette série d'articles, publiée par le Secrétariat du GWP à Stockholm, a été lancée pour faire connaître les textes commandés et écrits par le TEC pour traiter les domaines les plus importants. Ces textes abordent des questions telles que la définition et la compréhension de la Gestion intégrée des ressources en eau, l'eau pour assurer la production agricole, les partenariats public-privé, et l'eau en tant que bien économique.



GWP Secretariat
E-mail: gwp@gwpforum.org
Website: www.gwpforum.org

ISBN: 978-91-85321-82-7