

Chapitre V : Ressources en eau et changement climatique

L'accès à une eau sûre est actuellement considéré comme un droit de l'homme universel. Cependant, le monde est confronté à une augmentation des problèmes liés à la fourniture de services hydrologiques, en particulier dans les pays en développement. Les raisons sont diverses et ne sont pas nécessairement liées au changement climatique. Un manque de disponibilité en eau, une demande en eau accrue et plus irrégulière résultant de la croissance démographique dans des zones concentrées, une augmentation de l'urbanisation, une utilisation plus intensive de l'eau pour améliorer le bien-être général, et le défi d'améliorer la gouvernance de l'eau sont déjà autant d'obstacles majeurs à la fourniture satisfaisante de services hydrologiques. Dans ce contexte, le changement climatique représente tout simplement une charge supplémentaire pour les services d'approvisionnement en eau ou pour tout organisme fournisseur de services hydrologiques souhaitant satisfaire la demande des clients. Il est difficile d'identifier localement les effets du changement climatique, mais les effets observés combinés à des projections fournissent une base utile pour préparer le futur.

1. Effets observés du changement climatique et incidences observées/possibles sur les services hydrologiques.

Effet observé	Incidences observées/possibles
Augmentation de la température atmosphérique	<ul style="list-style-type: none">• Réduction de la disponibilité en eau dans les bassins alimentés par les glaciers qui reculent, comme observé dans des villes dans les Andes en Amérique du Sud (Ames, 1998; Kaser et Osmaston, 2002)
Augmentation de la température de l'eau de surface	<ul style="list-style-type: none">• Réductions de la teneur en oxygène dissous, des configurations de mélange et de la capacité d'auto-épuration• Augmentation des fleurs d'eau
Élévation du niveau de la mer	<ul style="list-style-type: none">• Salinisation des aquifères côtiers
Décalage du régime des précipitations	<ul style="list-style-type: none">• Changement de la disponibilité en eau dû aux changements des précipitations et à d'autres phénomènes apparentés (notamment, l'alimentation des nappes souterraines et l'évapotranspiration)
Augmentation de la variabilité interannuelle des précipitations	<ul style="list-style-type: none">• Augmentation de la difficulté de la maîtrise des crues et de l'utilisation des réservoirs pendant la période des inondations
Augmentation de l'évapotranspiration	<ul style="list-style-type: none">• Réduction de la disponibilité en eau• Salinisation des ressources en eau• Diminution du niveau des eaux souterraines
Augmentation de l'intensité et de la fréquence des phénomènes extrêmes	<ul style="list-style-type: none">• Les crues influencent la qualité de l'eau et l'intégrité des infrastructures de l'eau et augmentent l'érosion fluviale, ce qui introduit différentes sortes de polluants dans les ressources en eau• Les sécheresses influencent la disponibilité et la qualité de l'eau

Une réduction de la disponibilité en eau peut être causée par:

- a) Une diminution de l'écoulement dans les bassins alimentés par les glaciers qui reculent et une augmentation de la durée et de la fréquence des saisons sèches;
- b) Une diminution des précipitations en été qui entraîne une réduction de l'eau stockée dans les réservoirs alimentés par des rivières saisonnières (du Plessis *et al.*, 2003);
- c) Une variabilité interannuelle des précipitations et un décalage saisonnier de l'écoulement fluvial;
- d) Une réduction du niveau des eaux souterraines à l'intérieur des terres;
- e) Une augmentation de l'évapotranspiration suite à l'augmentation de la température de l'air, au prolongement de la période de croissance et à l'augmentation de la consommation d'eau pour l'irrigation;
- f) La salinisation (Chen *et al.*, 2004). Selon les projections, le nombre de personnes risquant de souffrir d'une augmentation du stress hydrique sera compris entre 0,4 et 1,7 milliard à l'horizon 2020, entre 1,0 et 2,0 milliards à l'horizon 2050 et entre 1,1 et 3,2 milliards à l'horizon 2080 (Arnell, 2004), l' intervalle étant le résultat des différents scénarios SRES considérés.

Dans certaines régions, la faible disponibilité en eau entraînera une surexploitation des eaux souterraines qui s'accompagnera d'une augmentation des coûts de l'approvisionnement en eau quelle que soit l'utilisation, du fait de la nécessité de pomper l'eau de plus en plus profondément et loin. De surcroît, la surexploitation des eaux souterraines peut entraîner, dans certains cas, une dégradation de la qualité de l'eau. Dans certaines régions de l'Inde, du Bangladesh, de la Chine, du nord de l'Afrique, du Mexique et de l'Argentine, plus de 100 millions de personnes souffrent d'un empoisonnement à l'arsenic et de fluorose (maladie des dents ou des os consécutive à une consommation excessive de fluorure dans l'eau potable) (NU, 2003). Ce phénomène peut aggraver la situation si les personnes sont obligées d'utiliser davantage d'eau des nappes souterraines du fait que les sources d'eau de surface ne sont pas fiables.

L'augmentation de la pénurie d'eau, combinée à la hausse de la demande alimentaire ou de la consommation d'eau pour l'irrigation du fait de la hausse de la température, entraînera Les régions mal desservies par les infrastructures d'assainissement pourraient recourir à des

pratiques (en tant que nouvelle activité ou à un degré plus important) de réutilisation incontrôlée de l'eau (réutilisation d'eau polluée ou même d'eaux usées).

Dégradation de la qualité de l'eau suite à la variation des débits. Lorsqu'une réduction des ressources en eau est prévue, la concentration en polluants de l'eau augmente du fait de la diminution de la capacité de dilution. En même temps, l'augmentation du débit déplace et transporte divers composés du sol vers les ressources en eau via l'érosion fluviale.

Augmentation du ruissellement. Dans certaines régions, la disponibilité en eau augmentera, ce qui sera généralement avantageux compte tenu de la situation mondiale actuelle dans ce domaine. Cependant, il est nécessaire de prendre des dispositions pour que cela reste avantageux à l'échelle mondiale. Par exemple, tandis qu'une augmentation du ruissellement dans l'est et le sud de l'Asie devrait résulter du changement climatique, les pénuries d'eau dans ces régions pourraient ne pas être résolues du fait du manque de ressources pour l'investissement dans les nouvelles capacités de stockage nécessaires pour capturer l'eau supplémentaire et permettre son utilisation pendant la saison sèche.

Dégradation de la qualité de l'eau du fait de l'augmentation de la température. Des températures plus élevées, combinées à des concentrations en phosphore accrues dans les lacs et les réservoirs, favorisent les fleurs d'eau qui compromettent la qualité de l'eau en modifiant la couleur, l'odeur et le goût et en engendrant une éventuelle toxicité pour l'homme, le bétail, la faune et la flore. Le traitement de ces eaux polluées est coûteux avec les technologies disponibles, même pour les installations des pays développés (Environnement Canada, 2001). Des températures plus élevées de l'eau favorisent également le transfert de polluants volatils et semi-volatils (ammoniac, mercure, PCB (biphényles polychlorés), dioxines et pesticides) de l'eau et des eaux usées vers l'atmosphère.

Augmentation de la salinisation. La salinisation des approvisionnements en eau à partir des aquifères côtiers en raison de l'élévation du niveau de la mer est un problème important, étant donné que près d'un quart de la population mondiale vit dans des régions côtières qui sont généralement pauvres en eau et dont la croissance démographique est rapide (Small et Nicholls, 2003; Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2005b). La salinisation peut également concerner les aquifères à l'intérieur des terres en raison d'une réduction de l'alimentation des nappes souterraines (Chen *et al.*, 2004).

2. Adaptation, vulnérabilité et développement durable

Dans le contexte des problèmes évoqués ci-dessus, il est important que les services hydrologiques situés dans les régions à risque planifient en conséquence. Les services hydrologiques sont généralement fournis via des réseaux aménagés. Ces réseaux sont conçus avec des facteurs de sécurité et ont une espérance de vie de 20 à 50 ans (cette durée peut être plus longue pour les réservoirs de stockage). Les examens de la résilience des approvisionnements en eau et de la performance des infrastructures de l'eau ont généralement été réalisés d'après les conditions observées uniquement. L'utilisation de projections climatiques devrait également être envisagée, en particulier dans des cas qui impliquent des réseaux qui sont confrontés à des crues et à des sécheresses.

Diminution de la disponibilité en eau. Hormis quelques pays industrialisés, la consommation d'eau augmente dans le monde entier du fait de la croissance démographique et économique, des changements de mode de vie et de l'extension des réseaux d'approvisionnement en eau.

Dégradation de la qualité de l'eau suite à des variations de débit. La protection des ressources en eau est une stratégie rentable et importante pour faire face aux problèmes futurs relatifs à la qualité de l'eau. Tandis que ces pratiques sont courantes dans certains pays, de nouvelles approches pour la gestion de la qualité de l'eau sont nécessaires dans le monde entier. Une telle approche est la mise en œuvre de plans pour la sécurité de l'eau permettant de réaliser une évaluation détaillée ainsi que la gestion des risques depuis le bassin hydrographique jusqu'au consommateur, telle que proposée par l'OMS (2005). De même, la conception et l'exploitation des usines de traitement des eaux et des eaux usées doivent être régulièrement revues, en particulier dans les zones vulnérables, pour garantir ou augmenter leur fiabilité et leur capacité à faire face à des variations de débit incertaines.

Dessalement. Les procédés de traitement de l'eau sont une solution pour traiter une concentration en sel accrue dans les lieux à risque, telles des zones côtières fortement urbanisées qui dépendent d'aquifères sensibles à l'intrusion d'eau salée. Actuellement, les technologies disponibles se fondent principalement sur les membranes et sont plus coûteuses que les procédés classiques de traitement des approvisionnements en eau douce. Le coût du dessalement est estimé à environ un dollar des États-Unis/m³ pour l'eau de mer et 0,60 dollar des États-Unis/m³ pour l'eau saumâtre (Zhou et Tol, 2005), tandis que la chloration de l'eau douce coûte 0,02 dollar des États-Unis/m³. Fort heureusement, le coût du dessalement diminue, même si sa demande énergétique est élevée. Il est nécessaire de comparer les coûts du dessalement aux coûts de l'extension des conduites et de la réimplantation éventuelle des

installations de traitement de l'eau pour assurer l'accès à l'eau douce. À titre indicatif, le coût de la construction des installations de captage et de traitement et des canalisations de pompage pour l'approvisionnement en eau d'un établissement urbain représente environ la moitié du coût de la totalité du réseau.

Approches complémentaires et approches différentes pour traiter les eaux usées. Des stratégies seront nécessaires pour faire face à des débits supérieurs et plus variables dans les systèmes d'assainissement et les usines de traitement des eaux usées. Ces stratégies devront inclure de nouvelles approches telles que l'utilisation de réseaux décentralisés, la construction de réseaux d'égouts distincts, le traitement de déversoirs d'orage (c'est-à-dire le mélange des eaux usées et du ruissellement dans les villes) et l'injection d'eau de pluie dans le sous-sol.

Gestion améliorée des ressources en eau. Tout en tenant compte des mesures d'adaptation déjà abordées, il convient d'envisager la gestion intégrée de l'eau comme un outil efficace, en prenant le changement climatique comme variable supplémentaire. La réduction ou l'augmentation de la variabilité de la disponibilité en eau entraîneront des conflits entre les divers utilisateurs de l'eau (agriculture, industries, écosystèmes et établissements humains). Les institutions qui gèrent l'affectation de l'eau joueront un rôle prépondérant dans la détermination de l'incidence sociale globale d'un changement de la disponibilité en eau, ainsi que de la distribution des gains et des pertes pour les différents secteurs de la société.

3. Typologie des stratégies d'adaptation dans le secteur de l'eau

Type de stratégie	Exemples de mesures
A - Accepter les risques et les pertes (ne rien faire)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disparition de certains aquifères côtiers, zones humides ou zones d'agriculture pluviale 2. Inondation ou émission de zones péri-fluviales à faibles enjeux
B - Répartir les risques et les pertes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mise en place de systèmes d'assurances et d'instruments de mutualisation financière contre les risques hydrométéorologiques 2. Diversification des sources d'approvisionnement en eau potable
C - Prévenir les effets : technologies et infrastructures (Hard)	<ul style="list-style-type: none"> ● Augmentation de la capacité des retenues ● Augmentation des transferts interbassins ● Mise en œuvre de programmes d'amélioration de l'efficacité des usages ● Développement de systèmes de réutilisation des eaux usées et de dessalement ● Amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation, des réseaux d'AEP et d'assainissement ● Redimensionnement des infrastructures et des ouvrages (surélévation des barrages, exhaussement des digues, modification des infrastructures de transport fluvial, etc.) ● Construction de bâtiments résistants aux inondations
D - Prévenir les effets : réponses politiques, réglementaires et institutionnelles (Soft)	<ul style="list-style-type: none"> ● Plan de gestion de la sécheresse ● Programme d'incitations financières à l'économie d'eau d'irrigation ● Modifications des normes de dimensionnement et des règles de fonctionnement des ouvrages ● Rationnement ● Normes ● Adoption de nouveaux modes de décision intégrant la gestion des incertitudes
E - Changer/Réorganiser les usages et les activités	<ul style="list-style-type: none"> ● Réaffectation de la ressource vers des usages à plus forte valeur ajoutée ● Introduction de cultures plus économes en eau ou résistantes à la sécheresse ● Déplacement d'activités économiques et d'habitations en dehors de zones inondables
F - Recherche, valorisation de l'information climatique	<ul style="list-style-type: none"> ● Amélioration des capacités de modélisation et de prévisions climatiques saisonnières, annuelles et décennales ● Développement d'outils d'aide à la décision et amélioration des méthodes d'évaluation des risques au niveau des bassins et sousbassins (couplage modèles climato/hydro) ● Définition des indicateurs pertinents de vulnérabilité et d'adaptation ● Mise en place des systèmes d'alerte précoce ● Production et mise à disposition facilitées de données climatiques auprès des décideurs, des services techniques et du grand public
G - Renforcement des capacités et éducation	<ul style="list-style-type: none"> ● Elargissement des horizons de planification des décideurs ● Renforcement des capacités techniques des professionnels du secteur en matière de gestion des risques majeurs ● Sensibilisation et éducation citoyenne