Études de l'OCDE sur l'eau

L'eau et l'adaptation au changement climatique

DES POLITIQUES POUR NAVIGUER EN EAUX INCONNUES

OCDE

Études de l'OCDE sur l'eau

L'eau et l'adaptation au changement climatique

DES POLITIQUES POUR NAVIGUER EN EAUX INCONNUES

OCDE
DES POLITIQUES MEILLEURES
POUR UNE VIE MEILLEURE

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres ou celles de l'Union européenne.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Merci de citer cet ouvrage comme suit :
OCDE (2014), *L'eau et l'adaptation au changement climatique : Des politiques pour naviguer en eaux inconnues*, Études de l'OCDE sur l'eau, Éditions OCDE.
http://dx.doi.org/10.1787/9789264200647-fr

ISBN 978-92-64-04794-5 (print)
ISBN 978-92-64-20064-7 (PDF)

Série : Études de l'OCDE sur l'eau
ISSN 2224-6215 (print)
ISSN 2224-6223 (online)

Union européenne
Numéro de catalogue : MN-01-13-045-FR-C (imprimé)
Numéro de catalogue : MN-01-13-045-FR-N (PDF)
ISBN 978-92-79-29938-4 (imprimé)
ISBN 978-92-79-29936-0 (PDF)

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Crédits photos : © Taro Yamada/Corbis, © iStockphoto.com/CactuSoup.

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : *www.oecd.org/about/publishing/corrigenda.htm*.

© OCDE 2014

La copie, le téléchargement ou l'impression du contenu OCDE pour une utilisation personnelle sont autorisés. Il est possible d'inclure des extraits de publications, de bases de données et de produits multimédia de l'OCDE dans des documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel pédagogique, sous réserve de faire mention de la source et du copyright. Toute demande en vue d'un usage public ou commercial ou concernant les droits de traduction devra être adressée à *rights@oecd.org*. Toute demande d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales devra être soumise au Copyright Clearance Center (CCC), *info@copyright.com*, ou au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), *contact@cfcopies.com*.

Avant-propos

Le changement climatique est en passe de remodeler l'avenir dans le domaine de l'eau. Parallèlement, l'eau est le principal vecteur par lequel les effets du changement climatique se feront sentir. Quelles que soient les évolutions futures des émissions de gaz à effet de serre, un certain degré de changement climatique est inéluctable. Les systèmes d'eau douce subissent d'ores et déjà des modifications observables et les risques liés à l'eau (pénurie, excès, qualité insuffisante et perturbation des écosystèmes d'eau douce) devraient être aggravés par le changement climatique.

C'est dans ce contexte que l'OCDE a décidé de mener des travaux sur l'eau et l'adaptation au changement climatique en vue d'étoffer la base de données de référence susceptibles d'éclairer l'action des pouvoirs publics. Pour ce faire, elle a pu s'appuyer sur les travaux qu'elle consacre depuis de nombreuses années maintenant aux grands enjeux de l'eau et à l'économie de l'adaptation au changement climatique. Elle s'est aussi employée à détailler les tendances à l'œuvre et à tirer les enseignements des bonnes pratiques mises en évidence par l'enquête sur les politiques relatives à l'eau et à l'adaptation au changement climatique qu'elle a menée auprès de ses 34 pays membres et de la Commission européenne.

Les travaux ont été supervisés par le Groupe de travail de l'OCDE sur la biodiversité, l'eau et les écosystèmes (GTBEE), et ont bénéficié des précieux commentaires et contributions de ses délégués. Le présent rapport a été rédigé par Kathleen Dominique avec le contribution de Jungah Kim. Le cadre fondé sur les risques a été mis au point par Gérard Bonnis et Kathleen Dominique, afin d'éclairer ces travaux et ceux que l'OCDE mène sur la sécurité de l'eau. Pour l'élaboration de l'approche fondée sur les risques, les auteurs ont pu tirer parti d'un document de référence rédigé par Dustin Garrick et Robert Hope, qui porte sur les instruments économiques au service de la gestion des risques pour la sécurité de l'eau.

Ces travaux ont également bénéficié des commentaires et des indications de nombreuses personnes, dont Anthony Cox, Xavier Leflaive, Gérard Bonnis, Michael Mullan, Nicolina Lamhauge, Nick Kingsmill et Lisette Van Marrewijk. John Matthews de Conservation International et de l'Alliance for Global Water Adaptation a apporté une contribution extrêmement précieuse en procédant à un examen des travaux et en faisant part de ses observations qualifiées. Enfin, les remerciements des auteurs vont à Janine Treves, qui a prêté son concours à la rédaction du rapport, et à Sama Al Taher Cucci pour son assistance administrative.

Note aux lecteurs : La version anglaise de cette publication inclue l'ensemble des profils par pays en ligne (doi: 10.1787/9789264200449-en). La version française inclue des profils en ligne de la Belgique, du Canada, de la France, du Luxembourg et de la Suisse.

Table des matières

Préface 9

Abréviations 11

Résumé 13

Chapitre 1. **Quel avenir pour l'eau douce ? Entre évolutions et incertitudes** 17
- **Messages clés** 18
- Incertitudes et déficits de connaissances 19
- En eaux jamais explorées : un futur différent du passé 22
- Changement climatique rime avec changement hydraulique 23
- Conclusion 30
- Notes 30
- Références 31

Chapitre 2. **L'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique : une approche fondée sur les risques** 33
- **Messages clés** 34
- Pourquoi les risques ? Justification d'une approche fondée sur les risques 35
- Un cadre conceptuel pour penser en termes de risque 36
- « Connaître », « cibler » et « gérer » les risques : le rôle des pouvoirs publics 49
- Conclusion 50
- Notes 50
- Références 51

Chapitre 3. **Adaptation des hydrosystèmes au changement climatique dans les pays de l'OCDE** 53
- **Messages clés** 54
- Constitution de la base de données de référence pour « connaître » le risque . . . 56
- Cadres d'action pour la définition du cap stratégique 64
- Des instruments d'action pour « connaître », « cibler » et « gérer » les risques liés à l'eau 67
- Financement de l'adaptation 78
- Conclusion 82
- Notes 83
- Références 83

Chapitre 4. **Améliorer la flexibilité : gouvernance adaptative, lignes d'action envisageables et méthodes de financement** 85
- **Messages clés** 86
- Gouvernance adaptative de l'eau 89

Améliorer les incitations en faveur de la gestion des risques et rendre plus flexible la politique de l'eau 92
Incitations en faveur des approches écosystémiques et des infrastructures vertes 109
Le financement : pièges à éviter et prise en compte des valeurs d'option 112
Conclusion 120

Notes 121
Références 121

Chapitre 5. **Conclusion : une analyse rétrospective pour éclairer l'avenir** 125

Profils par pays (en ligne seulement)

Belgique 131
Canada 135
France 139
Luxembourg. 143
Suisse 145

Tableaux

2.1. Stratégies d'adaptation possibles pour les hydrosystèmes 46
3.1. Principaux motifs d'inquiétude des pays de l'OCDE et de la Commission européenne 57
3.2. Exemples d'instruments employés dans la politique de l'eau 68
3.3. Exemples de mesures réglementaires traitant des problèmes quantitatifs en matière d'eau 69
3.4. Exemples de mesures réglementaires portant sur les phénomènes météorologiques extrêmes 70
3.5. Recours aux instruments réglementaires et économiques pour l'adaptation des hydrosystèmes 71
3.6. Exemples d'instruments économiques d'adaptation à l'évolution quantitative des ressources en eau 73
3.7. Exemples d'instruments économiques utilisés pour faire face aux phénomènes météorologiques extrêmes 73
3.8. Fréquence d'utilisation des outils réglementaires, économiques et fondés sur l'information cités dans l'enquête de l'OCDE 75
3.9. Exemples d'instruments fondés sur l'information utilisés face au risque d'inondation 77
3.10. Exemples d'instruments fondés sur l'information utilisés face au risque de pénurie 77
4.1. Exemples d'instruments de la politique de l'eau permettant de gérer les risques dans le domaine de l'eau 88
4.2. Dispositifs contre les dommages dus aux inondations aux Pays-Bas, au Royaume-Uni, en France et en Allemagne 95

Graphiques

1.1. Modes de changement climatique 21
1.2. Pyramide des incertitudes 22

1.3. Évolution prévue des indicateurs de sécheresse en Europe d'ici aux années 2070 27
2.1. Cadre d'action fondé sur les risques en faveur de la sécurité de l'eau 37
2.2. Le risque à l'intersection entre aléa, exposition et vulnérabilité 38
2.3. Illustration d'un arbitrage potentiel entre les poissons et les agriculteurs . . . 44
2.4. Limite de protection contre les risques dans le cadre de l'allocation de l'eau entre les poissons et les agriculteurs 45
3.1. Modules génériques des mesures d'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau 56
3.2. Chronologie des stratégies et plans nationaux d'adaptation dans les pays de l'OCDE 64
3.3. Différentes sources de financement pour l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique 78

Suivez les publications de l'OCDE sur :

http://twitter.com/OECD_Pubs

http://www.facebook.com/OECDPublications

http://www.linkedin.com/groups/OECD-Publications-4645871

http://www.youtube.com/oecdilibrary

http://www.oecd.org/oecddirect/

Préface

L'eau est le principal vecteur par lequel les effets du changement climatique se feront sentir, et la clé de la réussite des stratégies d'adaptation. On observe d'ores et déjà des modifications des systèmes d'eau douce un peu partout dans le monde, et les risques liés à l'eau – pénurie, excès, manque de fiabilité des approvisionnements ou mauvaise qualité – devraient aller en s'amplifiant. Ces modifications, qui peuvent être progressives ou brutales, risquent de compromettre la sécurité de l'eau à long terme et de rendre l'adaptation de plus en plus coûteuse pour les gouvernements à mesure que le temps passe.

Une action résolue des pouvoirs publics s'impose. Comme le montrent les *Perspectives de l'environnement* publiées récemment par l'OCDE, si nous ne modifions pas nos politiques et nos comportements, le réchauffement de la planète par rapport à l'ère préindustrielle atteindra entre 3.7 °C et 5.6 °C à la fin du siècle. Du fait de ce réchauffement et d'autres facteurs, plus de 40 % de la population mondiale devrait vivre dans des zones soumises à un « stress hydrique élevé » dès 2050. Face à de tels enjeux, il est primordial que les gouvernements s'emploient à gérer de façon anticipative les liens entre l'eau et le changement climatique.

L'augmentation des risques liés à l'eau et l'incertitude grandissante qui entoure la situation future ne font qu'amplifier les défis à relever en matière de sécurité de l'eau et compliquer les décisions de planification, de gestion et d'investissement dans le domaine de l'eau. Pour s'adapter à la nouvelle situation, il faudra des stratégies d'investissement mieux étayées et une gouvernance adaptative de l'eau tenant compte de la variabilité du climat et limitant le plus possible les problèmes potentiellement coûteux d'inadéquation entre les hydrosystèmes et le climat futur.

À mesure que progresse la prise de conscience de ces enjeux, les gouvernements renforcent les mesures destinées à y faire face. Aux Pays-Bas, par exemple, les autorités ont opté pour une « gestion adaptative du delta » afin de promouvoir des stratégies flexibles de gestion de l'eau et de réduire le risque de surinvestissement ou de sous-investissement dans la maîtrise des futurs risques d'inondation et l'approvisionnement en eau douce. L'Australie a institué des échanges de droits sur l'eau pour permettre une redistribution de l'accès aux ressources en eau en fonction de l'évolution des conditions. Au Royaume-Uni, une approche fondée sur les « options réelles » est appliquée pour gérer les risques d'inondation dans l'estuaire de la Tamise afin d'intégrer l'incertitude du changement climatique et de valoriser la souplesse dans le processus décisionnel.

Ce rapport, *L'eau et l'adaptation au changement climatique : des politiques pour naviguer sur des eaux jamais explorées*, propose des orientations aux responsables de l'action gouvernementale pour les aider à élaborer des mesures davantage en phase avec les priorités, répondant mieux aux besoins du moment, plus efficientes et plus équitables. Il décrit une approche de l'adaptation au changement climatique fondée sur les risques et

promouvant la sécurité de l'eau. Il détaille également les principales tendances et présente les pratiques optimales mises en lumière par *l'enquête sur les politiques relatives à l'eau et à l'adaptation au changement climatique*, que l'OCDE a menée auprès de ses 34 pays membres et de la Commission européenne. Cette enquête est la première de ce type à analyser de façon systématique les enjeux du changement climatique pour les ressources en eau douce et les nouvelles réponses qu'y apportent les pouvoirs publics dans les pays de l'OCDE. Pour finir, le rapport évalue comment améliorer les incitations à gérer les risques liés à l'eau et comment rendre plus flexibles les politiques de l'eau et les stratégies de financement.

Le changement climatique représente un défi majeur pour la gestion des ressources en eau douce, qui nécessite de définir une vision à long terme et appelle d'urgence une action concertée. J'ai bon espoir que l'approche innovante qui sous-tend ce rapport aide les gouvernements à se montrer individuellement et collectivement à la hauteur de ce défi.

Angel Gurría,
Secrétaire général

Abréviations

ABI	*Association of British Insurers* (Royaume-Uni)
BMU	Ministère fédéral de l'Environnement (Allemagne)
CatNat	Régime d'indemnisation des catastrophes naturelles (France)
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CCRA	*Climate Change Risk Assessment* (Royaume-Uni)
CCRIF	*Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility*
CE	Commission européenne
CLIMATE-ADAPT	Plate-forme européenne d'adaptation au changement climatique
ClimWatAdapt	*Climate Adaptation – Modelling Water Scenarios and Sectoral Impacts*
CLISP	*Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space*
CONAGUA	Commission nationale de l'eau (Mexique)
CSIRO	*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (Australie)
DEFRA	Ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales (Royaume-Uni)
DWB	*California Emergency Drought Water Bank*
EPA	Agence pour la protection de l'environnement (États-Unis)
FEDER	Fonds européen de développement régional
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FEMA	Agence fédérale de gestion des situations d'urgence (États-Unis)
FSUE	Fonds de solidarité de l'Union européenne
GAO	Organisme fédéral de reddition des comptes de l'administration publique (États-Unis)
GCM	Modèle de circulation générale
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
ICAR	Initiatives de collaboration pour l'adaptation régionale (Canada)
KLIMZUG	Répondre au changement climatique dans les régions pour l'avenir (Allemagne)
LEMA	Loi sur l'eau et les milieux aquatiques (France)
MEDDE	Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (France)
NCCARF	*National Climate Change Adaptation Research Facility* (Australie)
NFIP	*National Flood Insurance Program* (États-Unis)
NWC	Commission nationale de l'eau (Australie)
NWI	*National Water Initiative* (Australie)
NYC	New York City
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
ONEMA	Office national de l'eau et des milieux aquatiques (France)
PNACC	Plan national d'adaptation au changement climatique (Espagne)
PNUEA	Plan national pour une utilisation efficiente de l'eau (Portugal)

PSE	Paiements pour services écosystémiques
SEQE-UE	Système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne
SoP	*Statement of Principles* (Royaume-Uni)
TE2100	*Thames Estuary 2100*
UE	Union européenne
UKCP09	*UK Climate Projections 2009* (Royaume-Uni)
USBOR	*United States Bureau of Reclamation* (États-Unis)

© OCDE 2014

Résumé

Le changement climatique est en passe de remodeler l'avenir dans le domaine de l'eau. Il aggrave les tensions existantes et complique la planification, la gestion et l'investissement futurs dans les infrastructures de l'eau. Pour en limiter les conséquences néfastes et le coût, et pour exploiter les opportunités éventuelles, il faudra tenir compte de cette nouvelle donne, autrement dit s'adapter. L'adaptation exige de la souplesse, or le domaine de l'eau se caractérise par des infrastructures à longue durée de vie dont les coûts irrécupérables sont élevés. Une vision prospective est indispensable, or les projections climatiques relatives aux principaux paramètres concernant l'eau sont peu fiables à l'échelle locale. Une gouvernance adaptative de l'eau est nécessaire, or l'inertie et une gouvernance médiocre sont davantage la norme que l'exception dans le domaine de l'eau. Néanmoins, les pays de l'OCDE ont commencé à s'attaquer à ces défis : ils progressent et on peut d'ores et déjà tirer un certain nombre d'enseignements de l'expérience acquise jusqu'ici.

Le changement climatique s'apparente dans une large mesure à un changement des paramètres de l'eau, et l'eau est le premier vecteur par lequel les effets du changement climatique se feront sentir. Dans de nombreuses régions, il faut ainsi s'attendre à une multiplication des pluies torrentielles, des inondations et des sécheresses. La modification des régimes de précipitations décale les saisons pluvieuses ainsi que la fonte des neiges et des glaciers, et elle a un effet sur les quantités d'eaux de fonte. Il en résulte bien souvent une hausse des coûts de protection contre les inondations, de stockage de l'eau, de drainage urbain, d'approvisionnement en eau et de traitement de l'eau. La modification des conditions climatiques extrêmes devrait créer des problèmes d'adaptation beaucoup plus importants que celle des conditions climatiques moyennes. Ces évolutions devraient être aussi les principaux déterminants des coûts d'adaptation des infrastructures de l'eau. Les écosystèmes d'eau douce et les services qu'ils fournissent sont particulièrement vulnérables.

De très nombreux faits montrent que le changement climatique a des incidences sur l'eau douce, mais des **lacunes importantes dans les données disponibles** empêchent d'étayer les mesures d'adaptation concrètes à prendre au niveau local. Le niveau de confiance dans les projections climatiques relatives aux principaux paramètres concernant l'eau diminue à mesure que croît leur utilité potentielle pour les décisions d'adaptation. Cela étant, une évolution dans le domaine de l'eau paraît inéluctable : **l'avenir ne ressemblera pas au passé.**

Une approche de l'adaptation fondée sur les risques

En l'absence de prévisions climatiques fiables, une **approche fondée sur les risques** peut offrir un outil d'adaptation souple, dynamique et prospectif. Une telle approche pousse les décideurs à envisager tout un éventail de scénarios d'avenir possibles, du plus ordinaire au plus improbable, et à comparer les diverses possibilités. L'adaptation ne doit pas être mise en œuvre en ne retenant que le climat comme facteur de risque, à l'exclusion d'autres déterminants des risques liés à l'eau, souvent plus prépondérants, comme les systèmes sociaux, économiques et politiques. Parallèlement, l'adaptation doit être considérée comme une condition indispensable à l'amélioration de la sécurité de l'eau à long terme.

Il est nécessaire de « *connaître* », « *cibler* » et « *gérer* » les risques liés à l'eau. La « connaissance » des risques exige de prendre en compte les données scientifiques et techniques dans leur appréciation et leur perception. Nonobstant l'incertitude omniprésente, il est possible de faire appel à un éventail de méthodes de décision (analyse de sensibilité, scénarios, etc.) pour mieux « connaître » les risques. « Cibler » les risques liés à l'eau nécessite de déterminer leur *acceptabilité*, compte tenu des conséquences potentielles et des coûts d'amélioration. Cela exige aussi le cas échéant d'arbitrer entre différents risques, par exemple lorsque les mesures permettant de réduire un risque comme celui de pénurie peuvent aggraver d'autres risques, comme celui de perturbation de la résilience des systèmes d'eau douce. Enfin, « gérer » les risques exige que le partage de ceux-ci entre acteurs publics et acteurs privés soit clair. Cela suppose également d'envisager toutes les stratégies de gestion des risques (éviter, réduire, supporter ou transférer) et d'appliquer tout l'éventail des instruments d'action disponibles. Des **principes d'action** peuvent être définis pour aider à hiérarchiser les actions et à améliorer leur opportunité, leur efficience et leur équité.

Progrès des pays de l'OCDE en matière d'adaptation des hydrosystèmes

Afin de jauger ces progrès et de mieux comprendre les efforts concrets d'adaptation, le Secrétariat de l'OCDE a réalisé une **enquête sur les mesures prises par ses 34 pays membres et la Commission européenne**. Elle fait apparaître des tendances générales et permet de tirer un certain nombre d'enseignements. Elle montre que l'eau n'est pas seulement un « secteur » d'adaptation important, mais qu'elle est aussi **une ressource essentielle, et une menace potentielle** qui concerne plusieurs autres domaines de l'action publique : énergie, agriculture, infrastructures, biodiversité et santé. De même que l'énergie joue un rôle primordial dans la lutte contre le changement climatique, l'eau joue un rôle primordial dans l'adaptation à ses effets.

Comme le montre l'enquête, les 34 **pays de l'OCDE ont tous déjà constaté des changements affectant les systèmes d'eau douce**. Quasiment tous **anticipent une hausse des risques liés à l'eau** sous l'effet du changement climatique. Les **phénomènes extrêmes** (inondations et/ou sécheresses, par exemple) figurent parmi les principales préoccupations pour 32 pays ainsi que pour la Commission européenne (CE). Les **pénuries d'eau** représentent un enjeu essentiel pour 23 pays et pour la CE. Quinze pays placent la **qualité de l'eau** parmi les principaux motifs de préoccupation, tandis que 16 citent dans ce

contexte les incidences sur **l'approvisionnement en eau et l'assainissement** et 13, les **écosystèmes d'eau douce**.

Jusqu'à présent, les pays de l'OCDE ont concentré leurs efforts sur **la « connaissance des risques »**, par la constitution de bases de données scientifiques et la diffusion de l'information. Les pouvoirs publics doivent veiller à ce que ces données soient exploitées de manière optimale et répondent aux besoins des utilisateurs chargés de prendre des décisions d'adaptation concrètes à l'échelon local. Parmi les **moyens d'action**, les instruments fondés sur l'information (cartes des risques d'inondation, outils d'aide à la décision pour la gestion des risques, orientations d'adaptation à l'intention des autorités locales, etc.) sont de loin les plus largement employés.

Pour « cibler » et « gérer » les risques, certains pays procèdent actuellement à une révision des **lois et règlements** concernant notamment les limites soutenables des prélèvements d'eau, les codes de la construction et l'aménagement du territoire. Parmi les autres mesures prises figure l'ajustement des **instruments économiques** (tarifs de l'eau, taxes environnementales liées à l'eau, dispositifs d'assurance contre les inondations, par exemple) pour réduire les pressions de base auxquelles sont soumises les ressources en eau, accroître les financements et lutter contre les risques d'inondation. Seuls un petit nombre de pays ont commencé à traiter la question du **financement**.

Poser aujourd'hui les bases voulues pour préparer l'avenir

Une gouvernance adaptative et une politique rationnelle de l'eau permettraient de renforcer considérablement la résilience au changement climatique. Toutefois, la plupart des instruments de la politique de l'eau n'ont pas été conçus en tenant compte spécifiquement de l'adaptation au changement climatique, et ils pourraient avoir besoin d'être revus en fonction des nouvelles données. En outre, certains dispositifs actuels de l'action publique peuvent faire obstacle à une adaptation efficace et efficiente en faussant les signaux du marché. Le changement climatique constitue un argument supplémentaire pour agir contre de tels facteurs d'inefficacité.

Un recours accru aux **instruments économiques** et/ou la réforme des incitations perverses (telles que les mesures qui subventionnent l'approvisionnement en eau de certains utilisateurs ou encouragent l'aménagement de zones à haut risque d'inondation) peuvent procurer de la souplesse et réduire les coûts d'ajustement à l'évolution des conditions. **Les régimes d'assurance contre les inondations** peuvent inciter à réduire l'exposition et la vulnérabilité aux inondations, à répartir efficacement le risque résiduel et à compenser l'impact économique des catastrophes liées à l'eau. Du fait de l'incertitude accrue qui entoure les conditions climatiques futures, il est toutefois de plus en plus difficile de fixer un tarif adéquat pour ces assurances. **Les échanges de droits sur l'eau** peuvent rendre plus efficiente la répartition des ressources en eau en fonction de l'évolution de la situation. Des transferts temporaires peuvent être efficaces pour gérer la variabilité de l'approvisionnement à court terme, mais ils sont insuffisants pour assurer l'adaptation à une diminution des disponibilités en eau à long terme. Une **tarification efficiente de l'eau** peut favoriser l'adaptation en réduisant les gaspillages, en encourageant la diversification des sources d'approvisionnement et en procurant des ressources financières pour répondre aux besoins d'investissement potentiellement plus élevés. Les incitations en

faveur des **approches écosystémiques** et des **infrastructures vertes** peuvent constituer un moyen d'un bon rapport coût-efficacité de gérer l'incertitude en évitant de s'enfermer dans des choix d'infrastructures à forte intensité de capital, et elles apportent une valeur d'«option » supplémentaire par rapport à d'autres dispositions envisageables.

L'adaptation au changement climatique soulève de nouveaux problèmes de **financement** et aggravera vraisemblablement le déficit qui existe en la matière dans le secteur de l'eau. En principe, le financement de l'adaptation doit être fondé sur des approches rationnelles du financement des hydrosystèmes en général et éviter de privilégier des projets « spéciaux » qui peuvent être aisément qualifiés de projets d'adaptation mais qui n'optimisent pas nécessairement les bénéfices nets. Les pays doivent aussi veiller à engager les moyens financiers dont ils disposent de façon judicieuse, en mettant en œuvre des stratégies d'investissement souples, telles que les « **options réelles** », pour faire face à l'incertitude.

Le changement climatique est un défi nouveau qui va mettre à l'épreuve les approches classiques. Les raisons d'agir sont solidement étayées et convaincantes. Tous les risques liés à l'eau ne peuvent pas être évités, mais **des systèmes** bien préparés et **résilients seront mieux à même de s'adapter aux nouvelles conditions, à moindre coût, et de se rétablir rapidement après une catastrophe**. Pourtant, l'expérience montre que l'accumulation de données scientifiques et de solides arguments économiques ne suffisent pas nécessairement pour susciter des actions. L'histoire regorge d'exemples de crises provoquées par l'eau qui auraient pu être évitées ou mieux gérées. Une analyse rétrospective peut effectivement fournir de précieuses indications sur l'adaptation au changement climatique et aider à préparer l'avenir.

Dans le domaine de l'eau, les réformes prennent du temps, nécessitent l'engagement des acteurs concernés et exigent une volonté politique. C'est pourquoi il est urgent de s'atteler à la tâche. Les pays qui prennent des mesures pour consolider leur gouvernance de l'eau aujourd'hui et mettent en place les politiques nécessaires pour préparer l'avenir pourront éviter une gestion a posteriori des crises liées à l'eau, nécessairement plus coûteuse.

© OCDE 2014

Chapitre 1

Quel avenir pour l'eau douce ? Entre évolutions et incertitudes

Ce chapitre propose un tour d'horizon des incidences complexes qui devraient s'exercer sur l'eau douce sous l'effet du changement climatique. Il met également en lumière les principales sources d'incertitude et les principaux déficits d'information qui entravent l'évaluation des effets du changement climatique sur les hydrosystèmes, et qui compliquent les décisions pratiques d'adaptation au niveau local. Enfin, il examine les conséquences pour l'action des pouvoirs publics de la « fin de la stationnarité », évolution qui fera que l'avenir dans le domaine de l'eau douce ne ressemblera pas au passé.

Messages clés

- **Le changement climatique s'apparente dans une large mesure à un changement des paramètres de l'eau.** Il affecte tous les aspects du cycle de l'eau, et celle-ci est le premier vecteur par lequel les effets du changement climatique se feront sentir. Les conséquences dépendront de la nature de ces effets, de l'endroit et du moment où ils se manifesteront, mais aussi de l'exposition et de la vulnérabilité des populations, des écosystèmes et des actifs physiques touchés.
- Les évaluations habituelles des incidences du changement climatique sur l'eau douce **atteignent rapidement leurs limites lorsqu'il s'agit d'éclairer des décisions concrètes d'adaptation sur le terrain.** D'une manière générale, le niveau de confiance dans les prévisions relatives au changement climatique diminue à mesure que croît leur utilité potentielle pour les décisions d'adaptation. Dans le domaine de l'eau, ces décisions doivent s'accommoder d'une part considérable d'incertitude.
- Une évolution dans ce domaine apparaît inéluctable : **l'avenir ne ressemblera pas au passé.** Cette certitude appelle une approche souple, dynamique et prospective, qui tienne compte de la variabilité du climat sur toutes les échelles de temps.

Les incidences du changement climatique sur les ressources en eau douce sont d'ores et déjà visibles, et on prévoit qu'elles prendront de l'ampleur et s'accélèreront au fil du temps (Bates et al., 2008). Par ailleurs, le défi inédit que constitue le changement climatique pour les hydrosystèmes[1] fait l'objet d'une prise de conscience croissante, et oblige de plus en plus à reconnaître que l'hypothèse historique de la stationnarité[2] est aujourd'hui dépassée (Milly et al., 2008). En d'autres termes, cette hypothèse qui constitue le fondement de la gestion de l'eau, de la conception et de la planification des infrastructures, et enfin d'un grand nombre de décisions en matière d'économie et de gestion des ressources, est remise en cause pour l'avenir. Certaines décisions prises aujourd'hui risquent de nous imposer pour plusieurs décennies des stratégies de gestion et des infrastructures qui ne seront pas en phase avec les conditions climatiques futures. Le rythme sans précédent auquel surviennent les changements et la possibilité d'évolutions inédites jusqu'alors se traduisent par un degré d'incertitude qui va au-delà de ce à quoi les responsables de la gestion de l'eau ont été confrontés jusqu'à présent.

Incertitudes et déficits de connaissances

Malgré l'existence de données scientifiques toujours plus nombreuses, on manque généralement d'informations fiables sur la nature, l'ampleur et le moment des répercussions hydrologiques à une échelle qui convienne pour la planification et la gestion des ressources en eau. Il faudra du temps pour enrichir cette base de données et atteindre le niveau de détails et la confiance nécessaires pour étayer les décisions d'adaptation pratiques au niveau local, ce qui tient aux problèmes de disponibilité de données, mais aussi à l'insuffisance des capacités de modélisation et aux contraintes de calcul. Qui plus est, les systèmes climatiques et hydrologiques sont par nature difficilement prévisibles. Au vu de l'état actuel des connaissances et des limites de la prévisibilité des incidences du changement climatique sur l'eau, des décisions efficaces d'adaptation au changement climatique devront être prises en l'absence de prévisions fiables et précises (Dessai et al., 2009).

La plupart des études sur les incidences du changement climatique se fondent sur des prévisions issues de **modèles de circulation générale** (MCG). À l'origine, ces modèles ont été conçus pour évaluer l'impact global de différentes sources d'émissions en vue de plaider la cause des efforts d'atténuation. Ce n'est que relativement récemment qu'ils ont commencé à être utilisés dans les processus de décision concernant l'adaptation. Or, les différents modèles climatiques dont nous disposons actuellement n'ont pas été conçus pour produire des modélisations suffisamment précises pour éclairer les décisions d'adaptation en matière de gestion des ressources en eau (Kundzewicz et Stakhiv, 2010). L'utilité des MCG pour les décisions d'adaptation est l'objet d'un vaste débat, tout comme les pistes les plus prometteuses pour remédier à leurs faiblesses ou développer d'autres solutions (Kundzewicz et Stakhiv, 2010). Même si les lacunes des approches actuelles peuvent être compensées dans une certaine mesure, les décisions d'adaptation devront tout de même s'accommoder d'une part considérable d'incertitude (Anagnostopoulos et al., 2010 ; Wilby, 2010 ; Bates et al., 2008).

Bien qu'il soit de plus en plus courant dans le processus d'analyse des incidences du changement climatique sur l'eau de relier les résultats d'un modèle de changement climatique pour les températures et les précipitations à un modèle hydrologique pour le ruissellement, ces analyses présentent plusieurs limites (Rodríguez-Iturbe et Valdés, 2011). En outre, l'émergence d'une approche « type » ne signifie pas qu'il existe un consensus sur son utilité et son efficacité. Des approches novatrices telles que le « *decision scaling* » (Brown

et Wilby, 2012) voient le jour et font figure d'avancées prometteuses en la matière (voir chapitre 2 pour plus de détails). Les principales sources d'incertitudes et les principaux déficits de connaissances associés aux analyses habituelles des incidences du changement climatique sur les ressources en eau sont détaillés ci-dessous.

Incertitudes quant aux scénarios, à l'évolution des émissions et aux modèles

La reproduction des caractéristiques actuelles du climat et la simulation du climat futur par les modèles sont entourées d'importantes incertitudes. En effet, ces modèles se contentent de simuler certains processus climatiques de façon rudimentaire (Bates et al., 2008). Une autre source d'incertitude vient des scénarios servant à estimer l'évolution des émissions et de la façon dont les modèles climatiques simulent l'incidence de cette évolution sur le climat. Suivant le modèle climatique utilisé, une même évolution des émissions peut déboucher sur des prévisions d'évolution du climat très différentes[3]. C'est particulièrement vrai dans le cas des précipitations et de l'évapotranspiration. Les modèles hydrologiques ajoutent une incertitude de taille en raison des différences régionales et des limites dans la couverture des réseaux de surveillance (Huntington, 2006).

L'incertitude liée à la modélisation peut être réduite dans une certaine mesure en faisant tourner un ensemble (plusieurs modèles du système climatique légèrement différents) ou des milliers de fois un seul modèle. Toutefois, dans la pratique, il s'agit là d'une tâche complexe exigeant d'importantes ressources. En outre, les résultats des simulations d'ensemble peuvent diverger de manière significative. Même les simulations multiples d'un même modèle peuvent présenter d'importantes variations entre les différentes projections à des échelles spatiales et temporelles de faible résolution. L'existence de divergences entre les résultats de différents modèles climatiques ne signifie pas qu'il n'y aura aucune incidence, ni que chacune des incidences est improbable. Cela peut au contraire signifier qu'il existe une large palette de futurs possibles, notamment des augmentations ou baisses significatives d'un paramètre climatique donné.

Résolution trop faible/échelle inadéquate

En règle générale, le niveau de confiance dans les prévisions relatives au changement climatique diminue à mesure que croît leur utilité potentielle pour les décisions d'adaptation. À mesure que l'échelle spatiale diminue, les projections deviennent moins cohérentes d'un modèle à l'autre. C'est pourquoi il est largement admis que les résultats issus d'analyses globales du changement climatique et hydrologique ne sont pas utilisables tels quels par les décideurs aux niveaux régional, national et infranational dans l'optique de l'adaptation (CCNUCC, 2011).

La faible « résolution » des modèles climatiques mondiaux implique que leurs résultats sont insuffisamment détaillés pour l'étude des incidences climatiques à une échelle géographique plus précise. Si les modèles climatiques ont été capables de reproduire les caractéristiques générales du climat antérieur à de grandes échelles géographiques (continentales et au-delà), d'une manière générale, ils ne peuvent toujours pas restituer les détails essentiels du climat à des échelles plus fines (Kundzewicz et Stakhiv, 2010). En raison de ces limites, les résultats des MCG sont généralement transposés à une échelle inférieure. Cette « réduction d'échelle » nécessite toutefois un grand nombre d'informations sur le terrain pour l'étalonnage (Rodríguez-Iturbe et Valdés, 2011). En outre, les efforts déployés en ce sens en vue de résoudre le problème d'inadéquation de l'échelle des modèles généraux présentent d'importantes limites dans la pratique (Wilby et Dessai, 2010).

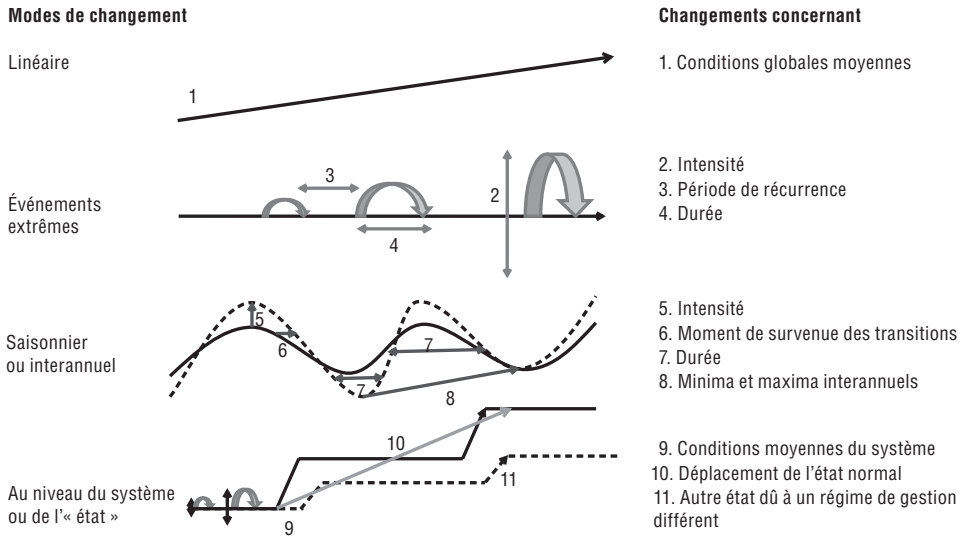
Faible niveau de confiance dans des paramètres climatiques clés

D'une manière générale, le niveau de confiance est plus élevé dans les estimations de la modification des températures que dans celles de la modification des précipitations et de l'évapotranspiration. Malheureusement, les précipitations, qui sont la principale source d'alimentation des systèmes d'eau douce, ne donnent pas lieu à des simulations adéquates dans les modèles climatiques actuels (Kundzewicz et al., 2008). À quelques exceptions près, les modèles divergent quant à l'ampleur des changements de précipitations et parfois aussi quant au sens général de ces changements. Le faible niveau de confiance dans les projections des précipitations empêche également une estimation fiable des modifications de la fréquence et de l'ampleur des inondations.

Importance accordée aux évolutions de la moyenne

Il est plus aisé de prévoir l'évolution de la moyenne que celle des extrêmes. Or, les prévisions de l'augmentation moyenne des températures et de l'évolution moyenne des précipitations annuelles ne présentent qu'un faible intérêt pour les décisions d'adaptation. D'une manière générale, il n'y a pas assez d'estimations fiables des changements concernant la forme des précipitations (pluie ou neige), leur temporalité saisonnière, leur variabilité interannuelle, la modification du ruissellement et du débit des cours d'eau. De fait, la plupart des modèles n'essaient même pas de simuler les changements des extrêmes, partant souvent du principe que les niveaux actuels de variabilité resteront les mêmes autour d'une moyenne qui, elle, se déplacera. Cette hypothèse peut conduire à ignorer certaines des incidences les plus graves, soudaines et coûteuses du changement climatique sur l'eau. Le graphique 1.1 illustre plusieurs modes de changement climatique. Les modèles climatiques ont tendance à se focaliser sur les évolutions de la « moyenne », ce qui ne sera probablement ni le mode de changement le plus vraisemblable (Le Quesne et al., 2010) ni le plus pertinent dans l'optique des décisions d'adaptation.

Graphique 1.1. **Modes de changement climatique**



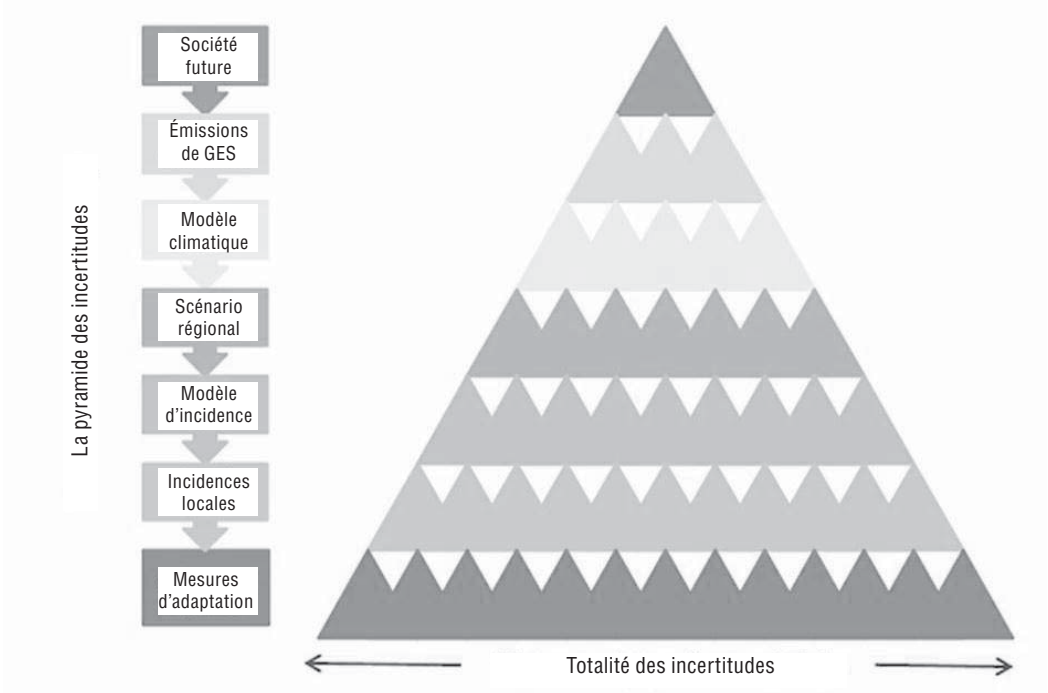
Source : Wickel, A.J. et J. H. Matthews (2012), Adapted from « Vulnerability to What Change? », presented at the UNFCCC Technical workshop on water, climate change impacts and adaptation strategies, Mexico, 18-20 juillet, Fonds mondial pour la nature et Conservation International, *http://unfccc.int/adaptation/work shops_meetings/nairobi_work_programme/items/6955.php* (consulté le 12 décembre 2012).

Un champ des futurs possibles allant en s'élargissant

Des incertitudes quant aux incidences du changement climatique sur les ressources en eau surviennent tout au long du processus d'analyse. Le graphique 1.2 illustre la manière dont les incertitudes se conjuguent pour multiplier le champ des futurs possibles.

Les avancées scientifiques peuvent réduire le nombre de ces incertitudes, mais aussi l'augmenter. Par exemple, à mesure que certains processus autrefois inconnus sont identifiés et décrits, les incertitudes que ces derniers suscitent peuvent s'ajouter à celles qui existent déjà. Même à supposer que l'on puisse construire des modèles climatiques parfaits, les incertitudes entourant tous les autres facteurs de pression non climatiques rendraient malgré tout les projections hydrologiques régionales fortement incertaines (Wilby, 2010).

Graphique 1.2. **Pyramide des incertitudes**



Note : La pyramide des incertitudes est le résultat des différentes évolutions socio-économiques et démographiques possibles, de leur traduction en concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre (GES), des conséquences climatiques calculées par les modèles généraux et régionaux, de leur transposition en incidences locales sur les systèmes humains et naturels et enfin des mesures d'adaptation.
Source : Wilby, R.L. et S. Dessai (2010), « Robust Adaptation to Climate Change », *Weather*, vol. 65/7, Royal Meteorological Society, Reading, pp. 180-185, *http://dx.doi.org/10.1002/wea.543*.

En eaux jamais explorées : un futur différent du passé

En dépit de toutes les incertitudes, une évolution dans le domaine de l'eau paraît inéluctable : l'avenir ne ressemblera pas au passé. La « fin de la stationnarité » (Milly et al., 2008) et le fait que cette notion ne constitue plus une ligne directrice adaptée pour l'appréciation des risques et la planification des ressources en eau à l'avenir sont aujourd'hui très largement admis (Wilby, 2010). C'est une véritable rupture avec le passé, puisqu'une grande partie de l'expérience accumulée jusqu'à présent en matière de gestion

des ressources et des infrastructures de l'eau se fonde sur les données historiques de la variabilité climatique au cours d'une période de relative stabilité climatique.

La stationnarité a constitué un postulat central dans la gestion des ressources en eau. Ainsi, la construction et l'exploitation des digues, barrages, déversoirs et systèmes d'approvisionnement en eau et d'assainissement se fondent sur des probabilités issues de données climatiques historiques. Les données sur la fréquence des inondations, pertinentes dans le cadre de l'hypothèse de la stationnarité, sont sujettes à caution dans un contexte de non-stationnarité (Kundzewicz et Somlyody, 1997). Les dispositifs régissant l'affectation de l'eau reposent souvent sur les données climatiques historiques, et il en va de même des outils de base utilisés par le secteur des assurances pour communiquer sur les risques liés à l'eau. Le changement climatique modifie les hypothèses, les données et les techniques de modélisation nécessaires pour produire des informations sur les risques liés à l'eau, par exemple des cartes des zones inondables et, au final, pour développer leur utilité en tant que fondement pour les assurances (Ludwig et Moench, 2009).

Le fait que les données climatiques historiques soient de moins en moins pertinentes pour étayer la planification actuelle et future représente un défi majeur pour les gestionnaires de l'eau et les responsables de l'élaboration des politiques. Ce changement marque la fin du paradigme de conception statique appliqué aux hydrosystèmes au profit d'une réponse dynamique à l'évolution des conditions à toutes les échelles temporelles (Brown, 2010). Une approche dynamique de ce type consiste à ajuster périodiquement les prévisions, à constituer un système souple privilégiant la robustesse plutôt que l'optimisation et à aborder la gestion des risques dans une optique pluridisciplinaire. Afin de minimiser les éventuelles inadéquations entre les infrastructures de l'eau et le climat futur, il convient d'adopter une démarche souple et dynamique (Matthews et al., 2011).

Changement climatique rime avec changement hydraulique

En dépit des incertitudes et des déficits de connaissances, il existe aujourd'hui un important corpus de données scientifiques qui ne cesse de s'enrichir et qui met en lumière l'éventail des modifications complexes du cycle de l'eau auxquelles il faut s'attendre sous l'effet du changement climatique. Ces données sont utiles en ce qu'elles donnent une vue d'ensemble des multiples modifications qui poseront des difficultés pour la gestion des hydrosystèmes à l'avenir.

Le changement climatique affecte tous les aspects du cycle de l'eau, et l'eau est le premier vecteur par lequel les effets du changement climatique se feront sentir. La modification du climat entraîne une intensification constante du cycle hydrologique[4] (augmentation de l'évapotranspiration et des précipitations) (Huntington, 2006). En d'autres termes, dans une atmosphère réchauffée, le cycle de l'eau s'accélère.

Quelles que soient les évolutions futures des émissions de gaz à effet de serre, un certain degré de changement climatique est inéluctable. Des incidences significatives ont déjà été observées. D'après les prévisions des *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050*, en l'absence de politiques d'atténuation plus ambitieuses, la température mondiale moyenne pourrait dépasser de 3 à 6 °C les niveaux préindustriels d'ici à la fin du siècle (OCDE, 2012). Des mesures de grande ampleur sont indispensables pour limiter la hausse moyenne à 2 °C. Même si cet objectif est atteint, il ne pourra que ralentir le rythme du changement climatique et les incidences de celui-ci seront néanmoins considérables.

Les incidences du changement climatique sur les ressources en eau douce sont multiples : modification des régimes de précipitations, réchauffement des eaux, dégradation de leur qualité, amplification de l'évapotranspiration et augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes extrêmes (Bates et al., 2008 ; GIEC, 2007). On s'attend à ce qu'elles gagnent en importance avec le temps et que le rythme du changement s'accélère, les impacts les plus graves étant attendus pour la seconde moitié du siècle. Les sections qui suivent résument les différentes incidences sur l'eau.

Modification des régimes de précipitations et variabilité accrue

D'après les prévisions, le changement climatique entraînera un déplacement des précipitations dans le temps et dans l'espace, certaines régions recevant davantage de pluie, d'autres s'asséchant. D'une manière générale, les régions à pluviométrie élevée devraient enregistrer une hausse des précipitations, tandis que la sécheresse s'accentuera dans les régions arides et semi-arides. L'évolution des régimes de précipitations aura des répercussions sur le ruissellement (voir ci-après), le taux de recharge des eaux de surface et souterraines et décalera les saisons humides. Des précipitations plus fréquentes et plus intenses aggravent les phénomènes d'érosion et augmentent la charge solide dans les cours d'eau, lacs et eaux côtières, provoquant une dégradation de la qualité de l'eau. Dans les régions arides et semi-arides, toute réduction des précipitations a des répercussions graves sur les cours d'eau et les lacs, entraînant même parfois leur assèchement, comme ce fut le cas du lac Tchad (Ludwig et Moench, 2010).

Au cours des dernières décennies, les précipitations ont augmenté sur les terres situées à de très hautes latitudes, alors qu'elles ont reculé d'une manière générale dans les zones comprises entre le 10e parallèle sud et le 30e parallèle nord. Parallèlement, la superficie des terres qualifiées de très arides a plus que doublé dans le monde (Bates et al., 2008). Globalement, ces modifications observées des précipitations mondiales ne peuvent être attribuées avec certitude au changement climatique, dans la mesure où la pluviométrie suit, à grande échelle, des régimes naturellement très variables.

Selon les prévisions, les précipitations, le volume moyen du ruissellement et la disponibilité en eau devraient augmenter sous les hautes latitudes et dans certaines zones tropicales. À l'inverse, certaines régions arides de latitude moyenne et des tropiques s'assècheront davantage (Bates et al., 2008). Un grand nombre de régions semi-arides et arides (telles que le bassin méditerranéen, l'ouest des États-Unis, le sud de l'Afrique et le nord-est du Brésil) sont particulièrement vulnérables aux incidences du changement climatique et verront leurs ressources en eau diminuer (GIEC, 2007). La hausse des températures modifiera aussi la proportion des précipitations tombant respectivement sous forme de neige et d'eau. Or, la forme des précipitations est cruciale dans les régions où la couverture neigeuse est prédominante (comme la Sierra Nevada, les Andes ou l'Himalaya), qui dépendent du manteau neigeux saisonnier pour couvrir la demande en eau durant la saison sèche. La destruction de ce stock naturel constitué par la couverture neigeuse signifie qu'il faudra trouver d'autres solutions de stockage pour que les précipitations hivernales demeurent une ressource utile sur le plan économique en été, lorsque la demande est forte.

Les changements de régimes de précipitations se manifestent à l'échelle régionale ou locale et sont généralement mal décrits par les modèles climatiques. Ils constituent les aspects les moins bien compris et les moins prévisibles du changement climatique, alors

qu'ils figurent parmi les éléments les plus importants pour prendre des décisions d'adaptation en matière de gestion des ressources en eau.

Modifications du ruissellement et du débit des cours d'eau

La modification du débit des cours d'eau constitue l'une des incidences les plus significatives du changement climatique sur les ressources en eau (Ludwig et Moench, 2010). Un débit faible a des répercussions négatives sur le fonctionnement des écosystèmes d'eau douce, la navigation fluviale, la production hydroélectrique, la disponibilité et la qualité des ressources en eau.

Les modifications observées du ruissellement et du débit des cours d'eau ne sont pas toujours cohérentes avec celles des précipitations, même si cela peut s'expliquer par l'insuffisance des données. Plusieurs études réalisées à l'échelle mondiale indiquent des modifications des ruissellements annuels, qui augmentent dans certaines régions (sous les hautes latitudes et dans une grande partie des États-Unis, par exemple) et baissent dans d'autres (comme certaines zones de l'Afrique de l'Ouest, du sud de l'Europe et de l'extrême sud de l'Amérique du Sud) (Bates et al., 2008). Dans les zones où les précipitations hivernales tombent sous forme de neige, il existe des preuves plus solides que le rythme saisonnier du débit des cours d'eau a été profondément bouleversé.

D'après les prévisions, le ruissellement augmentera sous les hautes latitudes et les tropiques humides et reculera sous les latitudes moyennes et certaines parties des tropiques secs. Certaines simulations indiquent une réduction notable du ruissellement dans le sud de l'Europe et une hausse dans le sud-est de l'Asie et sous les hautes latitudes, où les modèles s'accordent sur le sens des changements mais moins sur leur amplitude (Bates et al., 2008).

Hausse de la fréquence et de l'intensité des phénomènes extrêmes[5]

Le changement climatique modifie la fréquence, l'intensité, la portée géographique, la durée et le moment de survenue des phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes, lesquels peuvent être sans précédent (GIEC, 2012). Ces épisodes extrêmes ont une incidence sur la quantité et la qualité de l'eau et présentent des risques pour les populations, les biens matériels et les écosystèmes. Leurs effets dommageables sur la qualité de l'eau sont liés à l'augmentation des charges en sédiments, en éléments nutritifs, en pesticides et en sel. Par ailleurs, aussi bien les pluies que les sécheresses extrêmes favorisent une augmentation des charges microbiennes qui accroît le risque de contamination des ressources en eau et donc d'épidémies.

L'évolution des extrêmes peut être liée à des modifications de la moyenne, de la variance ou de la forme des distributions des probabilités, ou à une combinaison de ces différents facteurs. Mais tous les phénomènes climatiques extrêmes ne sont pas des événements extrêmes du point de vue statistique, c'est-à-dire des « événements de queue de distribution »[6]. Certains phénomènes climatiques extrêmes, tels que les **sécheresses**, peuvent résulter d'une accumulation d'événements météorologiques ou climatiques qui, pris individuellement, ne sont pas considérés comme extrêmes. Beaucoup d'événements extrêmes survenant aujourd'hui découlent toujours de la variabilité naturelle du climat. Les données disponibles dans la plupart des régions sont incomplètes, ce qui peut masquer certains événements extrêmes, comme les mégasécheresses en Afrique de l'Ouest. Une étude récente des données paléoclimatiques du lac Bosumtwi (Ghana) indique que la dernière sécheresse à l'échelle centenaire s'est produite il y a 200 à 300 ans seulement. Cet

événement a été bien plus grave et plus long que la sécheresse qui a commencé dans les années 70 et duré plusieurs décennies, et qui a eu d'importantes retombées écologiques, politiques et socio-économiques (Shanahan et al., 2009). En plus des effets anthropiques sur le climat, la variabilité naturelle demeurera donc un facteur clé dans la formation des évènements extrêmes futurs[7] (GIEC, 2012).

D'après les observations, certaines régions, notamment dans le sud de l'Europe et l'ouest de l'Afrique, connaissent une tendance à l'intensification et à l'allongement des périodes de **sécheresse** depuis les années 50 (GIEC, 2012). En revanche, d'autres régions telles que le centre de l'Amérique du Nord et le nord-ouest de l'Australie ont vu la fréquence, l'intensité ou la durée des sécheresses diminuer. Selon certaines études récentes, une augmentation de la durée et de l'intensité des sécheresses est à prévoir dans certaines zones, notamment le sud de l'Europe et le bassin méditerranéen, l'Europe centrale, le centre de l'Amérique du Nord, l'Amérique centrale et le Mexique, le nord-est du Brésil ainsi que l'Afrique australe. Ces modifications sont susceptibles de contribuer à des mécanismes de rétroaction au niveau des écosystèmes. Par exemple, deux sécheresses récemment survenues en Amazonie ont démontré l'existence de mécanismes par lesquels les forêts tropicales encore préservées d'Amérique du Sud passent du rôle d'amortisseur de l'augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère à celui d'accélérateur du phénomène (Lewis et al., 2011).

Le graphique 1.3 illustre des prévisions de modification de la fréquence et de l'intensité des sécheresses en Europe d'ici aux années 2070. La fréquence et l'intensité des sécheresses graves devraient aller en s'atténuant dans certaines régions du nord de l'Europe et en s'accentuant dans certaines zones du sud de l'Europe (GIEC, 2012). En outre, si les deux modèles utilisés indiquent en gros des tendances similaires sur ces cartes, il existe des différences significatives entre les deux prévisions au niveau de résolution le plus fin.

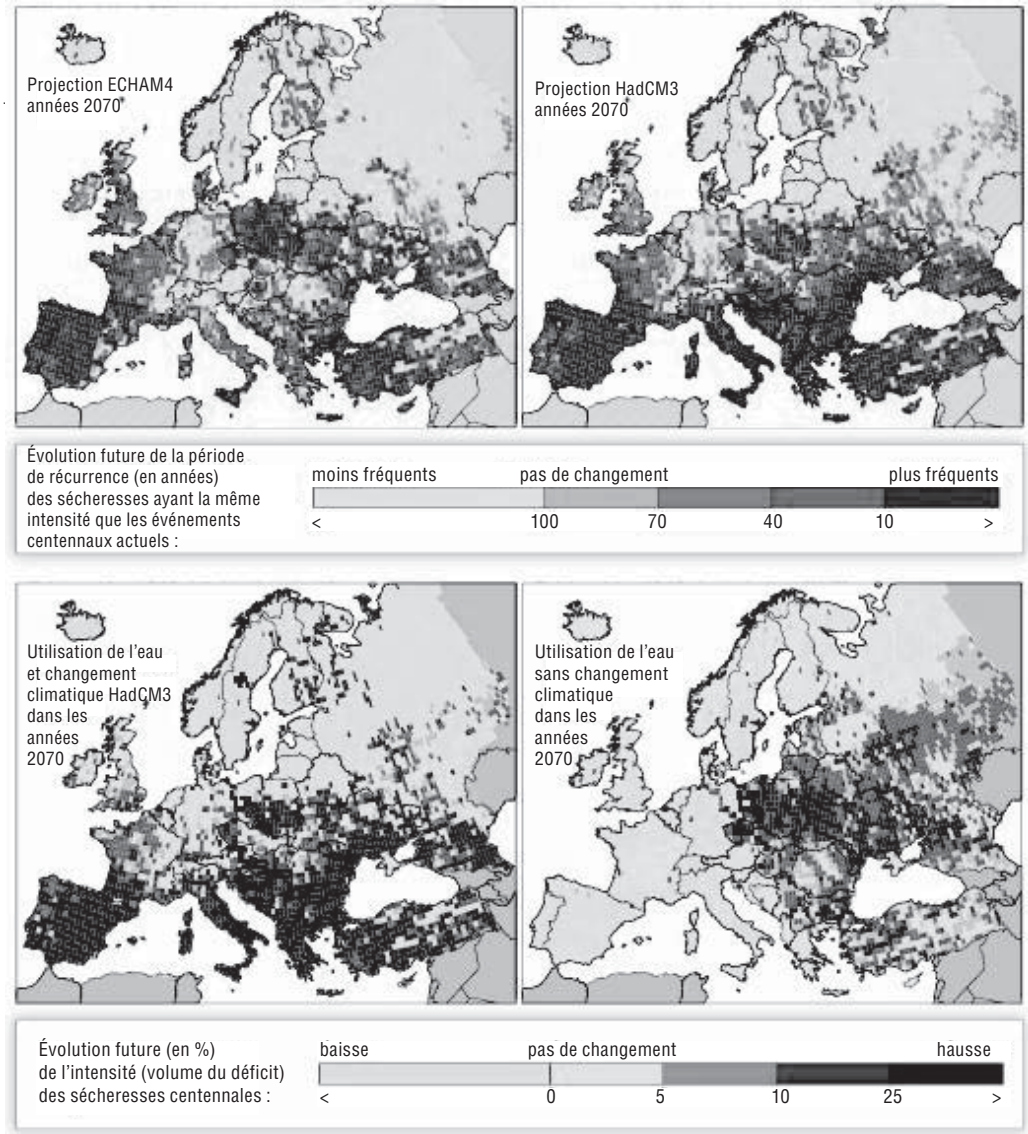
Le nombre d'épisodes de **fortes précipitations** a probablement augmenté dans beaucoup de régions, mais ces tendances présentent des variations considérables aux niveaux régional et infrarégional. C'est en Amérique du Nord que la tendance est le plus systématiquement à l'intensification des précipitations. D'après les prévisions, il est probable que la fréquence des épisodes de fortes précipitations augmentera pendant de nombreuses années, surtout sous les latitudes élevées et dans les régions tropicales, ainsi qu'en hiver sous les latitudes moyennes de l'hémisphère Nord (GIEC, 2012).

En conséquence de la fréquence et de l'intensité accrues des événements pluviométriques, les **inondations** vont vraisemblablement se multiplier et potentiellement s'aggraver dans la plupart des régions du monde (Milly et al., 2002). Il est cependant difficile d'isoler avec précision l'incidence du changement climatique sur l'évolution observée des inondations, en raison du peu de données disponibles et de l'importance d'autres facteurs augmentant les risques d'inondation, tels que les changements d'affectation des sols.

Incidences sur les écosystèmes d'eau douce

Les incidences les plus significatives et les plus généralisées du changement climatique sur les écosystèmes d'eau douce concerneront les régimes d'écoulement (Le Quesne et al., 2010). L'intégrité des hydrosystèmes en mouvement dépend dans une large mesure de leurs caractéristiques dynamiques naturelles, la quantité et la temporalité de leur débit représentant les composants essentiels (Poff et al., 1997). C'est pourquoi les

Graphique 1.3. **Évolution prévue des indicateurs de sécheresse en Europe d'ici aux années 2070**



Note : Graphique du haut : évolution prévue de la période de récurrence du niveau de déficit correspondant à la sécheresse centennale de la période 1961-1990 à l'horizon des années 2070, compte tenu de la modification des débits des cours d'eau et du volume des prélèvements prévue par les deux modèles climatiques ECHAM4 et HadCM3. *Graphique du bas :* évolution prévue de l'intensité (niveau de déficit) des sécheresses centennales compte tenu de la modification des prélèvements d'ici aux années 2070, avec prise en compte du changement climatique (à gauche, prévisions climatiques du modèle HadCM3) et sans (à droite).
Source : Lehner et al. (2006), « Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risks in Europe: A Continental, Integrated Analysis », *Climatic Change*, vol. 75/3, Springer, pp. 273-299, *http://dx.doi.org/10.1007/s10584-006-6338-4*. Reproduit avec l'aimable autorisation de Springer Science + Business Media B.V.

modifications de la temporalité des débits, de même que de l'écoulement annuel total, sont susceptibles d'entraîner les conséquences les plus significatives sur les écosystèmes d'eau douce (Le Quesne et al., 2010). Si tous les écosystèmes sont menacés par les changements climatiques, les écosystèmes d'eau douce sont particulièrement vulnérables, car le nombre d'espèces menacées qu'ils abritent est parmi les plus élevés (Ludwig et Moench, 2009).

La réaction des écosystèmes aux changements hydrologiques est complexe et rarement linéaire. Le changement climatique se répercutera sur les écosystèmes à la fois en provoquant des modifications spectaculaires, lorsque des « points de basculement » seront atteints, et en suscitant une dégradation progressive (Le Quesne et al., 2010). D'après les données présentées par des paléo-écologistes dans des études récentes, il n'entraînera peut-être pas une simple migration massive des espèces, mais une redistribution qui donnera naissance à des écosystèmes « sans analogues », inconnus à ce jour (Fox, 2007).

Élévation du niveau de la mer

Le niveau moyen des mers de la planète s'élève, et on sait de façon quasi certaine que cette élévation s'est accélérée entre le milieu du XIXe siècle et le milieu du XXe siècle (Bates et al., 2008). La répartition géographique des changements est inégale. Par exemple, sur la période 1993-2003, certaines régions ont enregistré une montée du niveau de la mer plusieurs fois supérieure à la moyenne mondiale, tandis que d'autres ont vu le niveau baisser (Bates et al., 2008). Ainsi, dans la baie d'Hudson, le niveau de la mer baisse sous l'effet de la poussée de la surface terrestre après la fin de la dernière période glaciaire. La destruction des zones humides côtières ou la modification du volume ou de la vitesse des flux peut à l'inverse accélérer la hausse du niveau de la mer. La modification du niveau des océans est en général très progressive (de l'ordre de quelques millimètres par an), puis le rythme peut s'accélérer soudainement au cours de tempêtes, lorsque les défenses côtières, affaiblies, cèdent.

Dans les zones côtières, la hausse du niveau de la mer élargira les périmètres touchés par la salinisation des eaux souterraines et des estuaires, réduisant la disponibilité en eau douce sur les côtes. Elle a aussi pour effet de gêner l'écoulement des eaux dans les deltas.

Changements affectant les glaciers, la neige, la glace et le pergélisol

La majeure partie des glaciers et des calottes glaciaires dans le monde ont reculé, entraînant une réduction importante des volumes d'eau stockés dans les glaciers et la couverture neigeuse des montagnes, et contribuant très probablement à la montée observée du niveau de la mer (Bates et al., 2008). Dans la plupart des régions, l'enneigement décroît, surtout au printemps et en été. Le réchauffement a également décalé le moment et modifié l'amplitude du ruissellement dans les cours d'eau alimentés par la fonte des glaciers et des neiges, ainsi que des phénomènes liés au gel dans les rivières et les lacs. La dégradation du pergélisol et des sols gelés périodiquement se répercute négativement sur les systèmes de drainage. Ces changements ont des incidences sur les réservoirs, l'approvisionnement en eau, les systèmes de drainage, la production hydroélectrique et la gestion des inondations. En outre, les émissions de méthane issues du dégel des matières végétales en décomposition contribuent au changement climatique, le méthane étant un gaz à effet de serre très puissant.

Le changement climatique devrait encore réduire les réserves d'eau stockées dans les glaciers et la couverture neigeuse. Dans les bassins hydrographiques alimentés par la fonte des neiges et des glaciers, on prévoit des modifications des régimes des cours d'eau (et surtout du moment de la fonte des glaces) qui réduiront la disponibilité en eau au cours des périodes chaudes et sèches. D'après les prévisions, l'enneigement devrait diminuer un peu partout tout au long du XXIe siècle, malgré une certaine augmentation à plus haute altitude. Les glaciers et calottes glaciaires sont appelés à reculer, ce qui induira à terme une baisse des volumes d'eau issus de la fonte des glaces, et peut-être la disparition pure et

simple de certains glaciers. Le retrait des glaciers pourra aussi entraîner une expansion des lacs glaciaires, des inondations dues à la fonte des glaciers et des débâcles glaciaires (Bates et al., 2008).

Réchauffement des eaux

D'après les prévisions, un réchauffement des eaux aggravera leur pollution en induisant une augmentation des pathogènes, du carbone organique dissous et de la pollution thermique. La prolifération d'algues est plus fréquente dans des conditions de températures élevées, lesquelles augmenteront par ailleurs l'activité microbienne ainsi que les populations bactériennes et fongiques (Ludwig et Moench, 2009). Ces effets se conjuguent à d'autres impacts négatifs sur la qualité de l'eau découlant de la fréquence accrue d'événements extrêmes et de débits plus lents pendant certaines saisons, ce qui peut accroître la concentration des polluants. Ces changements devraient aggraver de nombreuses formes de pollution aquatique existantes, avec d'éventuelles conséquences néfastes sur les écosystèmes d'eau douce, la santé humaine et le fonctionnement des hydrosystèmes. Toutefois, dans certaines régions où les précipitations sont en hausse (dans le nord de l'Europe, par exemple), la température de l'eau baisse sous l'effet de l'augmentation des masses d'eau.

Eaux souterraines

Le changement climatique se répercutera sur le niveau des nappes phréatiques et sur les volumes d'eaux souterraines disponibles en modifiant les rythmes de recharge. Ces derniers seront en effet perturbés par la modification prévue de la quantité des précipitations annuelles, mais aussi des valeurs extrêmes (Ludwig et Moench, 2009). L'augmentation de l'évapotranspiration pourra également avoir des répercussions sur la recharge des nappes phréatiques. Si les recherches sur le sujet ont progressé ces dernières années, de nombreuses incertitudes demeurent quant à la manière dont le changement climatique influera sur les eaux souterraines.

Incidences sur l'évapotranspiration et l'humidité du sol

Le changement climatique peut avoir des effets négatifs sur l'évapotranspiration et l'humidité du sol. Dans certaines régions, l'évapotranspiration peut être importante et entraîner des pénuries à la saison sèche. Pourtant, d'une manière générale, il existe très peu de mesures directes de l'évapotranspiration effective, et donc très peu d'informations sur son évolution (Bates et al., 2008). En principe, à mesure que les températures augmentent, la capacité de rétention d'eau de l'atmosphère s'accroît ; c'est pourquoi les prévisions tablent sur une hausse de « l'évaporation potentielle » presque partout, bien que d'autres facteurs climatiques puissent accentuer ou compenser cet effet (GIEC, 2007).

Les modifications de l'évaporation ainsi que du volume et de la temporalité des précipitations auront une incidence sur l'humidité du sol. Cependant, les données sur l'évolution de cette dernière sont rares et l'amplitude des changements prévus est incertaine. Des baisses sont attendues dans certaines régions (comme les zones subtropicales, le bassin méditerranéen et les hautes latitudes), tandis que d'autres devraient enregistrer des augmentations (Afrique de l'Est, Asie centrale, etc.) (Bates et al., 2008).

Conclusion

Les preuves scientifique de la multiplicité et de l'importance des incidences du changement climatique sur les ressources d'eau douce sont indéniables et toujours plus nombreuses. L'eau étant à la fois une ressource essentielle et une menace potentielle, les effets du changement climatique sur les hydrosystèmes se répercuteront non seulement sur la gestion de l'eau et des inondations, mais aussi sur plusieurs domaines clés de l'action publique (énergie, agriculture, infrastructures, biodiversité, santé, etc.). Bien que les connaissances scientifiques ne cessent de progresser, on manque d'informations sur la nature, l'ampleur et le délai de survenue des impacts sur l'eau douce qui soient fiables, et qui soient à l'échelle requise pour planifier concrètement l'adaptation au niveau local. Les décisions d'adaptation doivent donc s'accommoder d'une part considérable d'incertitude.

Une adaptation efficace menée en temps opportun peut réduire le coût des impacts du changement climatique en améliorant la gestion des risques liés à l'eau et la résilience des hydrosystèmes. À court et long termes, l'adaptation au changement climatique exige une approche souple, dynamique et axée sur l'avenir, qui tienne compte de la variabilité climatique sur toutes les échelles de temps, ainsi que des transformations qui en découlent pour les systèmes humains et les systèmes naturels. En l'absence de prévisions climatiques fiables et précises, une approche fondée sur les risques peut prendre en compte explicitement un éventail de scénarios d'avenir possibles pour éclairer les décisions d'adaptation. Elle peut aussi servir à mettre en évidence les priorités et les solutions envisageables pour gérer les risques et renforcer la résilience des écosystèmes au moindre coût pour la société. Le chapitre 2 porte sur cette approche, appréhendée dans la perspective plus large de la sécurité de l'eau.

Notes

1. Les « hydrosystèmes » désignent les systèmes naturels et artificiels utilisés pour gérer la ressource et les inondations et pour assurer l'approvisionnement en eau et l'assainissement. Ce rapport est axé sur l'eau douce. Les effets du changement climatique tels que l'élévation du niveau des océans ne sont considérés que dans la mesure où ils se répercutent sur les ressources en eau douce des zones côtières, par exemple en provoquant une salinisation des eaux souterraines.
2. D'après Milly et al. (2008), la stationnarité est le concept selon lequel les systèmes naturels varient à l'intérieur de frontières fixes. Il s'agit d'un concept central dans l'enseignement et la pratique de l'ingénierie des ressources en eau.
3. Ces différences sont souvent plus significatives que celles issues d'un même modèle que l'on fait tourner avec différents scénarios d'émission.
4. Le fondement théorique de cette intensification est résumé par la relation de Clausius-Clapeyron selon laquelle l'humidité augmenterait de manière approximativement exponentielle avec la température.
5. Cette section se fonde dans une large mesure sur GIEC (2012), *Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*.
6. Les « événements de queue de distribution » sont ceux qui ont une très faible probabilité de survenue dans le cadre d'une courbe de distribution typique des probabilités (« courbe en cloche »).
7. Les événements extrêmes sont rares, de sorte qu'il existe peu de données disponibles pour en évaluer les changements en termes de fréquence ou d'intensité. Plus l'événement est rare, plus il est difficile d'en identifier les évolutions sur le long terme.

Références

Anagnostopoulos, D. et al. (2010), « A Comparison of Local and Aggregated Climate Model Outputs with Observed Data », *Hydrological Sciences Journal,* vol. 55/70, Taylor and Francis, Londres, pp. 1094-1110, *http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2010.513518*.

Bates, B., Z. Kundzewicz, S.Wu et J. Palutikof (éd.) (2008), « Climate Change and Water », *Technical Paper VI*, Secrétariat du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), Genève.

Brown, C. (2010), « The End of Reliability », *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 136, American Society of Civil Engineers, pp. 143-145.

Brown, C. et R.L. Wilby (2012), « An Alternative Approach to Assessing Climate Risks », *Eos, Transactions,* vol. 93/41, American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 401-402, *http://dx.doi.org/10.1029/2012EO410001*.

CCNUCC (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques) (2011), « Water and Climate Change Impacts and Adaptation Strategies », *Technical Paper,* 22 novembre, FCCC/TP/2011/5, *http://unfccc.int/resource/docs/2011/tp/05.pdf*.

Dessai, S. et al. (2009), « Do We Need Better Predictions to Adapt to a Changing Climate? », *Eos, Transactions*, vol. 90/13, American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 111-112.

Fox, D. (2007), « Back to the No-analog Future? », *Science*, vol. 316, American Association for the Advancement of Science, pp. 823-825.

GIEC (2007), « Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability », *Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) (2012), « Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation », *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge (Royaume-Uni), et New York, NY (États-Unis).

Huntington, T. (2006), « Evidence for Intensification of the Global Water Cycle: Review and Synthesis », *Journal of Hydrology*, vol. 319, Elsevier, pp. 83-95, *http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.003*.

Kundzewicz, Z.W. et al. (2008), « The Implications of Projected Climate Change for Freshwater Resources and their Management », *Hydrological Sciences Journal*, vol. 53/1, Taylor and Francis, Londres, pp. 3-10.

Kundzewicz, Z.W. et L. Somlyódy (1997), « Climatic Change Impact on Water Resources in a Systems Perspective », *Water Resources Management*, vol. 11, Kluwer Academic Publishers, Pays-Bas, pp. 407-435.

Kundzewicz, Z.W. et E.Z. Stakhiv (2010), « Are Climate Models "Ready for Prime Time" in Water Resources Management Applications, or is More Research Needed? », *Hydrological Sciences Journal*, vol. 55/7, Taylor and Francis, Londres, pp. 1085-1089, *http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2010.513211*.

Lehner, B. et al. (2006), « Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risks in Europe: A Continental, Integrated Analysis », *Climatic Change*, vol. 75/3, Springer, pp. 273-299, *http://dx.doi.org/10.1007/s10584-006-6338-4*.

Le Quesne, T. et al. (2010), « Flowing Forward: Freshwater Ecosystem Adaptation to Climate Change in Water Resources Management and Biodiversity Conservation », *Water Working Note*, n° 28, Groupe de la Banque mondiale, Washington, DC.

Lewis, S.L. et al. (2011), « The 2010 Amazon Drought », Science, vol. 331/6017, American Association for the Advancement of Science, p. 554, *http://dx.doi.org/10.1126/science.1200807*.

Ludwig, F. et M. Moench (2009), « The Impacts of Climate Change on Water », *in* F. Ludwig, P. Kabat, H. van Schaik et M. van der Valk (éd.), *Climate Change Adaptation in the Water Sector*, Earthscan, Londres et Washington, DC, pp. 35-50.

Matthews, J., A.J. Wickel et S. Freeman (2011), « Converging Currents in Climate-Relevant Conservation: Water, Infrastructure, and Institutions », *PLoS Biology*, vol. 9/9, PLOS, *http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.1001159*.

Milly, P.C.D. et al. (2002), « Increasing Risk of Great Floods in a Change Climate », *Nature*, vol. 415, Nature Publishing Group, pp. 514-517.

Milly, P.C.D. et al. (2008), « Stationarity is Dead: Whither Water Management », *Science*, vol. 319, American Association for the Advancement of Science, pp. 573-574, *http://dx.doi.org/10.1126/science.1151915*.

OCDE (2012), *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050, Les conséquences de l'inaction*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/19991568*.

Poff, N.L. et al. (1997), « The Natural Flow Regime », *BioScience*, vol. 47/11, American Institute of Biological Sciences, pp. 769-784.

Rodríguez-Iturbe, I. et J.B. Valdés (2011), « Uncertainty and Climate Variability in the Design and Operation of Water Resources Projects: Examples and Case Studies », *HEF Technical Report 2*, Banque mondiale, Washington, DC.

Shanahan, T.M. et al. (2009), « Atlantic Forcing of Persistent Drought in West Africa », *Science*, vol. 324/5925, American Association for the Advancement of Science, pp. 377-380, *http://dx.doi.org/10.1126/science.1166352*.

Wickel, A.J. et J.H. Matthews (2012), Adapted from « Vulnerability to What Change? », presented at the UNFCCC Technical Workshop on Water, Climate Change Impacts and Adaptation Strategies, Mexico, 18-20 juillet, Fonds mondial pour la nature et Conservation International, *http://unfccc.int/adaptation/workshops_meetings/nairobi_work_programme/items/6955.php* (consulté le 12 décembre 2012).

Wilby, R.L. (2010), « Evaluating Climate Model Outputs for Hydrological Applications », *Hydrological Sciences Journal*, vol. 55/7, Taylor and Francis, Londres, pp. 1090-1093, *http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2010.513212*.

Wilby, R.L. et S. Dessai (2010), « Robust Adaptation to Climate Change », *Weather*, vol. 65/7, Royal Meteorological Society, Reading, pp. 180-185, *http://dx.doi.org/10.1002/wea.543*.

© OCDE 2014

Chapitre 2

L'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique : une approche fondée sur les risques

Ce chapitre décrit comment adapter les hydrosystèmes au changement climatique selon une approche fondée sur les risques, condition indispensable pour améliorer la sécurité de l'eau à long terme. Il commence par justifier l'adoption d'une telle approche pour éclairer les décideurs en l'absence de prévisions climatiques fiables. Il propose ensuite un cadre pour guider l'action menée par les pouvoirs publics pour « connaître », « cibler » et « gérer » les risques liés à l'eau, et montre combien il importe de prendre en considération les arbitrages entre les risques. Enfin, il propose des principes d'action destinés à améliorer l'opportunité, l'efficience et l'équité des décisions d'adaptation dans le cadre du changement climatique.

Messages clés

- En l'absence de prévisions climatiques fiables et précises, une **approche de l'adaptation fondée sur les risques** offre un moyen souple, dynamique et prospectif de gérer les risques liés à l'eau. L'adaptation ne doit pas être mise en œuvre en ne retenant que le climat comme facteur de risque, à l'exclusion d'autres facteurs souvent prépondérants. En même temps, ne pas s'adapter au changement climatique peut mettre en péril la sécurité de l'eau sur le long terme et la rendre plus coûteuse à améliorer.
- S'adapter **ne signifie pas maintenir le statu quo coûte que coûte.** Il s'agit d'opérer des ajustements face à de nouvelles conditions afin d'atténuer les effets néfastes du changement climatique sur l'eau, de minimiser les coûts et d'exploiter toutes les opportunités éventuelles.
- S'il est difficile d'estimer avec précision les coûts et avantages de l'adaptation des hydrosystèmes, le **coût d'une non-adaptation peut se révéler élevé**, notamment dans un domaine d'action des pouvoirs publics sensible au climat comme celui de l'eau, caractérisé par des infrastructures à longue durée de vie, à forte intensité de capital et dont les coûts irrécupérables sont considérables.
- Les efforts visant à réduire un risque donné (une pénurie, par exemple) pour une catégorie d'utilisateurs tels que les agriculteurs sont susceptibles d'accroître d'autres risques (menaces sur la résilience des écosystèmes d'eau douce, par exemple) et d'affecter d'autres catégories, comme les poissons. L'évaluation des **arbitrages entre plusieurs risques** liés à l'eau peut aider à identifier les stratégies « doublement gagnantes » et à réduire les inefficacités et les inégalités dans la gestion des risques liés à l'eau.
- Dans le cadre d'une démarche fondée sur les risques, il est nécessaire de « *connaître* », de « *cibler* » et de « *gérer* » les risques liés à l'eau.
  - « **Connaître** » les risques requiert de réduire les asymétries de l'information afin de pouvoir prendre des décisions efficaces et éclairées en matière de gestion des risques.
  - « **Cibler** » les risques exige d'aider les parties prenantes à s'accorder sur l'*acceptabilité* et la *tolérabilité* d'un risque donné, en recourant à des jugements fondés à la fois sur des données factuelles et sur des valeurs.
  - « **Gérer** » les risques exige que le partage des risques entre acteurs publics et acteurs privés soit clair, de façon à assurer que les risques soient gérés par les agents les mieux à même de le faire. Les pouvoirs publics doivent envisager toute la gamme des stratégies de gestion des risques (éviter, réduire, transférer, supporter) et puiser dans le large éventail d'instruments d'action pour faciliter une mise en œuvre efficiente et opportune de l'adaptation.

Pourquoi les risques ? Justification d'une approche fondée sur les risques[1]

La variabilité est inhérente aux systèmes d'eau douce. La disponibilité des ressources en eau varie dans le temps (variabilité saisonnière, inter- ou intradécennale) et dans l'espace, en fonction du cycle naturel de l'eau. Or, le changement climatique renforce et exacerbe ces tendances en accélérant le cycle hydrologique (Huntington, 2006) et en renforçant l'incertitude quant à la répartition de ces ressources dans le temps et dans l'espace (Milly et al., 2008).

La qualité de l'eau dépend aussi d'une série de paramètres en fluctuation constante, notamment du type et de la quantité de polluants qu'elle contient, du degré de dilution de ces derniers dans les masses d'eau et de la probabilité qu'ils produisent des effets dommageables. Si les phénomènes extrêmes tels que les inondations et les sécheresses ont un important potentiel de destruction, l'endroit et le moment auxquels ils se manifesteront, tout comme leur ampleur, ne peuvent être qu'estimés.

En l'absence de prévisions climatiques fiables et précises, une approche fondée sur les risques pourra prendre explicitement en compte une pluralité de scénarios d'avenir. Elle pourra permettre d'identifier l'éventail des solutions envisageables pour gérer les risques liés à l'eau et contribuer à déterminer les mesures prioritaires. L'analyse des risques pousse les décideurs à envisager tout un éventail de scénarios d'avenir possibles, du plus ordinaire au plus improbable. Réfléchir en termes de risques présente un intérêt immédiat pour les décideurs, qui sont ainsi amenés à comparer diverses actions ou activités envisageables (y compris l'inaction) (Hall, 2012). Le concept de risque est de plus en plus utilisé pour comprendre et éclairer les changements comportementaux ainsi que les investissements publics et privés visant à renforcer la sécurité de l'eau (Loucks, 2011). En effet, les approches fondées sur les risques sont largement abordées dans la littérature traitant de l'adaptation et font l'objet d'une attention croissante de la part des responsables de l'élaboration des politiques (voir au chapitre 3 les exemples tirés des pays de l'OCDE).

Bien que le changement climatique soit un facteur notable de risques liés à l'eau, un certain nombre de raisons justifient d'appréhender l'adaptation au changement climatique dans la perspective plus large de la sécurité de l'eau et non de manière isolée. D'une part, le changement climatique n'est que l'un des nombreux facteurs de risques dans le domaine de l'eau, à l'instar des tendances socio-économiques, des phénomènes naturels ou d'une mauvaise gouvernance de l'eau. En réalité, dans la plupart des cas, il ne s'agit pas du principal facteur ou il n'est pas considéré comme tel à court et moyen termes. D'autre part, la variabilité naturelle du climat met à mal les tentatives visant à attribuer au changement climatique des événements spécifiques et à différencier les effets de la variabilité naturelle du climat de ceux du changement climatique à long terme. Enfin, de nombreuses mesures d'adaptation des hydrosystèmes consistent, de manière plus générale, à développer une politique et une gestion de l'eau idoines. Ainsi, ce qui entre ou non dans le champ de l'« adaptation » est souvent bien plus ambigu que ce qui a trait à l'atténuation du changement climatique.

Par conséquent, il est généralement admis que l'adaptation au changement climatique doit être « intégrée » à la gestion existante des ressources en eau plutôt que fondée sur une approche uniquement axée sur le climat[2]. De fait, rares sont les exemples d'actions concrètes visant à adapter les hydrosystèmes uniquement et spécifiquement à l'évolution du climat. Accorder une importance excessive aux effets du changement climatique sur les hydrosystèmes pour définir les réponses d'adaptation risque en effet

d'empêcher de concevoir des solutions judicieuses[3]. Cependant, l'adoption d'une approche intégrative ne doit pas pour autant faire oublier l'importance de l'adaptation au changement climatique. Faute d'intégrer systématiquement les preuves scientifiques du changement climatique dans la gestion de l'eau et de se préparer à un avenir plus incertain, les coûts à supporter vont probablement s'alourdir au fil du temps. L'adaptation au changement climatique est en effet devenue une condition indispensable à la sécurité de l'eau à long terme.

Assurer la sécurité de l'eau nécessite de maintenir les risques liés à l'eau – pénurie, excès, pollution et résilience des hydrosystèmes – à un niveau *acceptable* pour la société et l'environnement, à court comme à long termes, par l'application efficace et efficiente des politiques relatives à l'eau ou influant sur cette ressource (OCDE, 2013)[4]. La ligne de force d'une approche fondée sur les risques est de procurer des avantages à la société et à l'environnement tout en optimisant le bien-être social. Ce type d'approche n'est certes pas le seul moyen de garantir la sécurité de l'eau, mais se révèle pertinent en ce qu'il peut aider à donner la priorité aux améliorations à la marge qui maximisent les avantages nets escomptés. L'eau a une valeur marginale décroissante. Dès que la demande en eau est satisfaite, la valeur des unités supplémentaires décroît nettement. Dès que l'eau est propre à la consommation, la valeur des améliorations supplémentaires pouvant être apportées à sa qualité devient comparativement très faible. Dès qu'un niveau acceptable de protection contre les inondations a été atteint, il y a peu d'intérêt à construire des digues plus hautes. Dès que les risques liés à l'eau sont tolérables, l'eau n'est plus guère un problème (Hall, 2012).

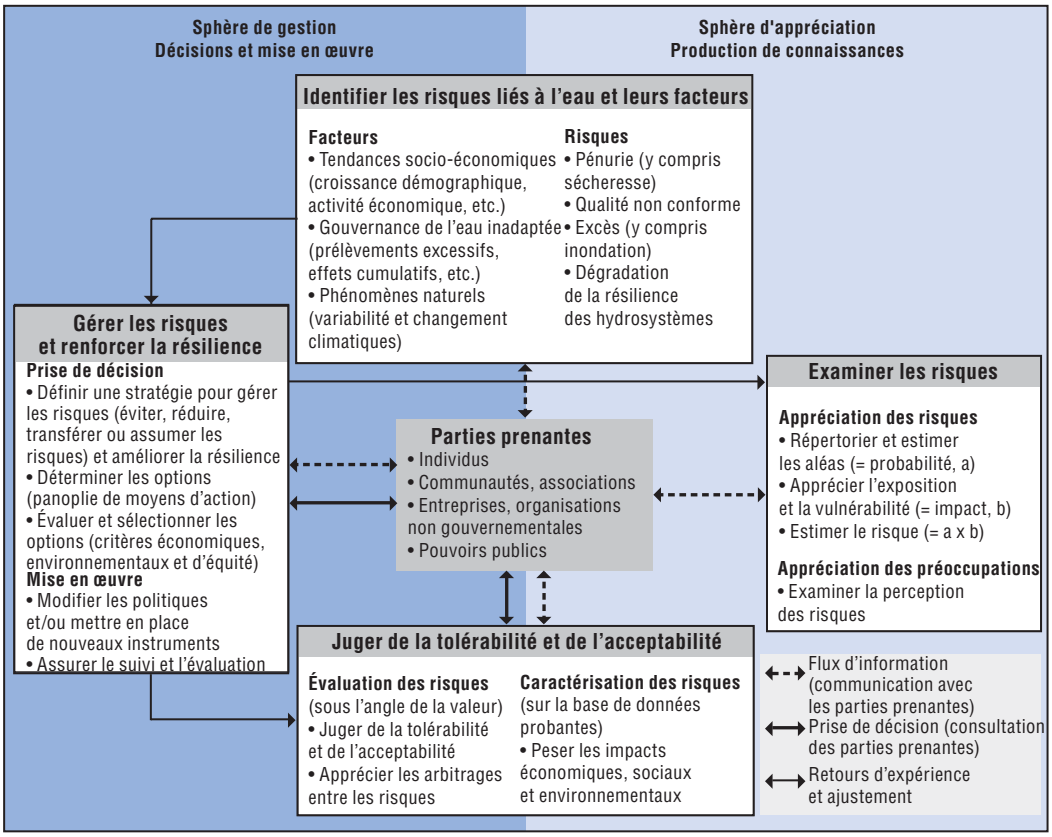
Pour autant, les pouvoirs publics ne peuvent garantir le « risque zéro », et réduire ou éviter les risques a généralement un coût. Ce coût peut être de nature économique (coût de la construction d'infrastructures destinées à accroître le stockage de l'eau ou renforcer la protection contre les inondations, ou coûts d'opportunité du non-aménagement de zones inondables, par exemple), sociale (suspension des allocations d'eau sur un bassin pour plafonner la demande, par exemple) et/ou environnementale (détérioration des hydrosystèmes sous l'effet d'un trop grand nombre de dérivations).

S'adapter au changement climatique ne signifie pas non plus maintenir le statu quo à tout prix. Si l'adaptation permet d'abaisser l'ensemble des coûts liés aux conséquences du changement climatique, de nombreuses mesures d'adaptation ont elles aussi un coût. Chercher à réduire davantage certains risques liés à l'eau peut entraîner des coûts disproportionnés. Dans la mesure où elle permet de déterminer le degré d'acceptabilité et de tolérabilité des risques liés à l'eau, une approche fondée sur les risques favorise des réponses ciblées et proportionnelles et, par voie de conséquence, en améliore le rapport coût-efficacité. Ce type d'approche permet également de clarifier les dispositifs de partage des risques entre acteurs publics et privés. La gestion de l'eau est une activité risquée par nature, et s'il est dans l'*intérêt* de la plupart des acteurs concernés de réduire au maximum les risques liés à l'eau, cela ne relève pas de la *responsabilité* de la plupart des acteurs concernés.

Un cadre conceptuel pour penser en termes de risque

Un cadre conceptuel définissant les étapes clés intervenant dans l'analyse et la gestion des risques permet de définir une approche de la sécurité de l'eau fondée sur les risques (graphique 2.1). Ce cadre se compose de quatre éléments principaux, décrits dans la section suivante.

Graphique 2.1. **Cadre d'action fondé sur les risques en faveur de la sécurité de l'eau**



Source : D'après Renn et Graham (2006), « Risk Governance: Towards an Integrative Approach », International Risk Governance Council (IRGC), *White Paper* n° 1, *http://irgc.org/wp-content/uploads/2012/04/IRGC_WP_No_1_Risk_Governance__reprinted_version_3.pdf* (consulté le 4 décembre 2013).

Quels risques liés à l'eau ? Définir les risques et les facteurs de risque

Les risques peuvent être définis de nombreuses manières et le domaine de la politique de l'eau ne fait pas exception à la règle. Les risques sont liés à des phénomènes physiques mais également au contexte social. Les sociétés diffèrent dans la manière dont elles décident quels problèmes doivent être assimilés à des risques et quels risques nécessitent une prise en compte et une réponse. En outre, au sein d'une même société, tous les acteurs ne définissent pas les risques de la même manière. Un excédent ou une pénurie d'eau peuvent tous deux être considérés comme un risque, selon le niveau des besoins en eau. Ainsi, un certain niveau d'inondation annuelle peut être indispensable à un cycle agricole productif. En revanche, des niveaux d'inondation se situant en dessous ou au-dessus de la fourchette désirée auront tendance à être considérés comme un risque. En Égypte ancienne, des inondations annuelles modérées étaient essentielles au cycle agricole. Des inondations moins importantes entraînaient la famine, tandis que des inondations excessives provoquaient la destruction des infrastructures construites dans la plaine alluviale.

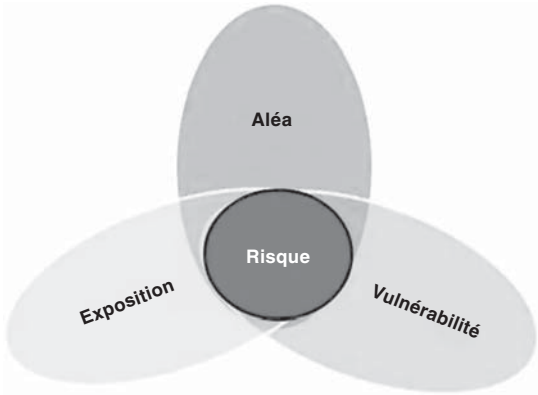
Ce cadre distingue quatre risques liés à l'eau. La sécurité de l'eau peut être définie comme le maintien d'un niveau *acceptable* de tous ces risques :

- ***risque de pénurie*** *(y compris de sécheresse)* : l'eau disponible est insuffisante pour répondre à la demande (à la fois à court et à long termes) de l'ensemble des utilisateurs (ménages, entreprises et environnement) ;
- ***risque de qualité non conforme :*** l'eau disponible ne présente pas la qualité requise pour un objet donné ;
- ***risque d'excès*** *(y compris d'inondation)* : un hydrosystème (naturel ou artificiel) est sorti de son lit ou de ses limites normales, ou une accumulation destructrice d'eau recouvre des terres qui, en temps normal, ne seraient pas submergées ;
- ***risque de miner la résilience des hydrosystèmes :*** la demande excède la capacité du système (masses d'eau de surface, masses d'eau souterraines et interactions entre ces éléments) à fournir, entraînant un possible dépassement des points de basculement et portant atteinte de manière irréversible aux fonctions hydrauliques et biologiques du système.

Ces quatre risques doivent être pris en considération simultanément car ils peuvent influer les uns sur les autres du fait que, par nature, les masses d'eau sont interconnectées. De fait, ces risques sont étroitement liés. Ainsi, les risques de pénurie, de qualité non conforme ou d'excès peuvent tous accroître le risque de miner la résilience des hydrosystèmes.

Les risques liés à l'eau découlent non seulement des conséquences potentielles et de la probabilité de survenue d'*aléas* tels que des phénomènes météorologiques extrêmes mais également de facteurs d'*exposition* et de *vulnérabilité* au risque (graphique 2.2). Une gouvernance de l'eau inadaptée est considérée comme l'un des principaux facteurs de risques liés à l'eau (Grafton et al., 2013). Elle peut, par exemple, mener à un manque d'infrastructures et de technologies de l'eau, par négligence ou du fait d'un financement insuffisant et/ou d'une gestion et d'une maintenance inadéquates.

Graphique 2.2. **Le risque à l'intersection entre aléa, exposition et vulnérabilité**



Source : D'après GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) (2012), « Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation », *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis.

Les risques liés à l'eau résultent souvent des effets cumulatifs générés par d'autres politiques. En mettant en place des incitations à la réalisation de leurs propres objectifs, les politiques sectorielles (agricoles ou énergétiques, par exemple) et environnementales (relatives au climat et à la biodiversité, entre autres) ont des retombées notables sur la sécurité de l'eau. Ainsi, la politique agricole peut fausser la demande intérieure d'eau en créant des distorsions dans la production et les échanges de produits agricoles.

La dégradation des écosystèmes ou des « infrastructures naturelles » peut augmenter la vulnérabilité des populations, des écosystèmes et des actifs physiques face aux risques liés à l'eau. Par exemple, les zones humides ou les mangroves sont capables de procurer des services écosystémiques essentiels pour réduire le risque d'inondation. Or la dégradation ou la destruction de ces « infrastructures naturelles » accentuent la vulnérabilité des populations ou des actifs physiques exposés aux inondations, ce qui accroît les risques. Des solutions écosystémiques peuvent être utilisées pour ajuster la réduction des risques dans les bassins hydrographiques hautement exploités (Coates et Smith, 2012).

Dans un souci d'efficience, il convient d'axer la gestion des risques liés à l'eau sur les évènements ayant le plus grand impact, ce qui suppose implicitement de se concentrer sur les événements extrêmes associant une faible probabilité et un fort impact tels que les inondations extrêmes, par exemple. Dans le cas du changement climatique, ces évènements sont vraisemblablement les plus graves, les plus coûteux et les plus difficiles à prédire. À long terme cependant, les conséquences de menaces « normales » (forte probabilité, faible impact initial) mais récurrentes, ou des menaces chroniques pesant sur la sécurité de l'eau, telles que la concurrence pour l'eau entre divers utilisateurs ou la pollution, méritent une bien plus grande attention du point de vue des risques. Ces risques cachés ou latents se développent lentement et sont souvent considérés comme « invisibles », car leurs véritables effets ne se manifestent qu'à long terme. Cela étant, des manifestations subtiles peuvent indiquer l'arrivée soudaine de risques susceptibles d'entraîner de profondes mutations. Ces manifestations peuvent par exemple consister en une récupération plus lente après des perturbations de faible ampleur (un phénomène baptisé « ralentissement critique »)[5]. Ne pas négliger ces risques contribue à améliorer la résilience des hydrosystèmes, lesquels seront alors en mesure de mieux faire face à des pressions à long terme comme le changement climatique.

« Connaître » les risques : examiner les risques liés à l'eau

Créer une base d'information susceptible d'éclairer les décisions relatives aux risques liés à l'eau nécessite deux éléments : une appréciation scientifique des risques et une compréhension des perceptions des risques par les parties prenantes. En règle générale, les décisions en matière de gestion de l'eau se fondent principalement sur la science et la technologie (solutions techniques) et sous-estiment l'importance des facteurs de risque d'ordre social, économique et politique (Rees, 2002). C'est là un facteur dont il est particulièrement important de tenir compte dans le cadre de l'adaptation au changement climatique, pour laquelle il est souvent tentant de se focaliser sur les *aléas* climatiques, en négligeant d'autres facteurs de risques (souvent plus importants), dont des facteurs influant sur la vulnérabilité et l'exposition à ces risques. Cette approche très spécifique peut sensiblement limiter l'efficacité et l'efficience globales des mesures d'adaptation. Si les contributions scientifiques et techniques sont des éléments importants de l'approche fondée sur les risques, il faut aussi tenir compte des aspects économiques, sociaux et

culturels si l'on veut s'assurer que les réponses apportées par les pouvoirs publics sont proportionnées, économiquement efficientes et équitables.

Bien que de solides connaissances en sciences physiques et une grande expertise technique soient des conditions préalables nécessaires à une évaluation rationnelle des risques, elles ne suffisent pas à fonder le processus décisionnel (Rees, 2002). Comprendre la manière dont les risques sont perçus par une *appréciation des préoccupations* est une étape fondamentale (bien que souvent négligée) du processus d'examen préalable des risques. Elle aide en effet à attribuer des rôles et responsabilités clairs en matière de gestion des risques. Par exemple, la perception qu'ont les agriculteurs du risque de sécheresse influence fortement les décisions qu'ils prennent pour s'en prémunir ainsi que leurs stratégies de gestion des risques. L'appréciation des préoccupations peut également contribuer à éclairer le débat public sur la problématique des « valeurs contestées », qui sont souvent au cœur des conflits liés à l'eau (comme la détermination de niveaux soutenables d'utilisation et/ou de pollution par exemple).

Il est aussi possible d'inverser le processus classique d'appréciation des risques, qui prend généralement l'évaluation scientifique comme point de départ, de façon à placer le contexte humain, les connaissances, les besoins et les préférences au premier stade de l'examen préalable. De tels modèles « inversés » pourraient aider à mieux adapter la gestion des risques à la demande et rendre les mesures proposées plus inclusives. Toutefois, l'intégration de la perception des risques dans le processus d'examen préalable soulève le problème majeur du traitement de données subjectives.

Un examen préalable formel des risques liés à l'eau peut nécessiter une somme importante de données et se révéler coûteux en temps et en ressources. Des capacités scientifiques substantielles sont souvent nécessaires également. Lorsque de nombreux habitants ou d'importants actifs sont menacés (cas des zones urbaines densément peuplées situées dans des zones inondables) et que le coût de la réduction des risques est élevé (cas des ouvrages de protection contre les inondations), un examen préalable formel et complet des risques se justifie. Lorsque les enjeux sont moins importants, une appréciation qualitative moins formelle, mais toujours bien documentée, ou une appréciation rapide des risques peut être suffisante. L'étendue et le niveau de détail de l'examen préalable doivent être proportionnels à l'ampleur du risque.

Prise de décision et incertitude

Dans de nombreux cas, l'évaluation scientifique réalisée dans le cadre de l'examen préalable des risques liés à l'eau sera limitée par la rareté des données, les lacunes dans les connaissances et d'autres sources d'incertitude (encadré 2.1). Pour certains risques, la science ne saurait connaître tous les faits hydrologiques en jeu. Ce problème est particulièrement aigu dans le cas du changement climatique pour lequel, en dépit de l'amélioration des données scientifiques disponibles, l'incertitude générale signifie que l'approche « prédire puis agir » de la prise de décision n'est pas valable. Comme on l'a vu au chapitre 1, les évaluations classiques des répercussions du changement climatique sur les hydrosystèmes d'eau douce ne présentent qu'un faible intérêt lorsqu'il s'agit de prendre des décisions d'adaptation concrètes à l'échelon local.

Lorsque l'incertitude est omniprésente, il est possible de faire appel à d'autres approches pour améliorer la robustesse des décisions, de sorte que celles-ci restent valables pour tout un éventail de scénarios d'avenir possibles. Parmi les approches

Encadré 2.1. **Risque et incertitude**

L'une des distinctions couramment opérées entre risque et incertitude découle de l'observation de Knight (1921), selon laquelle le risque est une incertitude susceptible d'être mesurée de manière fiable. En conséquence, le risque décrit l'éventualité et les conséquences d'un évènement incertain dont la probabilité de réalisation peut être estimée de façon fiable. L'incertitude fait référence à des situations dont la probabilité de réalisation n'est pas connue et ne peut peut-être pas l'être.

L'incertitude peut résulter d'un manque d'information ou d'un désaccord sur ce qui est connu, voire ce qu'il est possible de connaître. Parmi les différentes sources d'incertitudes, on recense les erreurs de données, la méconnaissance des interactions entre certaines variables clés, ou encore l'absence de prévisions fiables quant aux systèmes humains et naturels.

Dès lors qu'il est question d'analyser les risques, la caractérisation systématique des incertitudes devient un défi majeur. C'est pourquoi il est essentiel de répertorier les sources d'incertitude en étant explicite sur le niveau de confiance des spécialistes dans la base de connaissances. L'incertitude peut être caractérisée de manière quantitative, par exemple à l'aide d'une plage de valeurs calculées par différents modèles analysés sur plusieurs intervalles de confiance. Elle peut aussi être exprimée de manière qualitative, en s'appuyant sur le jugement de spécialistes. Dans certains cas, on peut réduire l'incertitude par des travaux supplémentaires de recherche scientifique, tandis que dans d'autres, l'incertitude persistera en dépit des progrès réalisés dans les connaissances scientifiques. Les progrès scientifiques peuvent aussi engendrer de nouvelles incertitudes, à mesure que la compréhension des systèmes complexes s'améliore.

Source : F.H. Knight (1921), *Risk, Uncertainty, and Profit*, Hart, Schaffner & Marx, Houghton Mifflin Company, Boston ; adapté de O. Renn et P. Graham (2006), « Risk Governance: Towards an Integrative Approach », International Risk Governance Council (IRGC), *White Paper* n° 1, *www.irgc.org/wp-content/uploads/2012/04/IRGC_WP_No_1_Risk_Governance__reprinted_version_3.pdf* (consulté le 4 décembre 2012) ; GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) (2012), « Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation », *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis.

envisageables figurent les stratégies fondées sur des scénarios qui intègrent les connaissances d'experts et le point de vue des acteurs concernés. Si planifier l'avenir sous *toutes* ses formes possibles s'avère potentiellement très coûteux, se borner à ne prévoir qu'un seul scénario *moyen*[6] serait a priori une grave erreur. Aussi l'utilisation raisonnée d'approches fondées sur des scenarios peut-elle contribuer à éviter les sur- et les sous-investissements. Adapter progressivement les investissements en infrastructures peut permettre d'effectuer des ajustements à mesure que le temps passe et que les connaissances s'enrichissent. Hallegate et al. (2012) ont récemment passé en revue les méthodes visant à éclairer les décisions d'investissement en situation de grande incertitude relative au changement climatique. Parmi ces méthodes figurent notamment la prise de décisions solidement étayées, les approches fondées sur des options réelles et les analyses coûts-avantages. Antón et al. (2012) résument quant à eux plusieurs méthodes d'évaluation de la prise de décision en situation d'incertitude (encadré 2.2).

D'après Brown et Wilby (2012), il est souhaitable de faire appel à d'autres approches pour apprécier les risques climatiques à l'aide d'analyses de sensibilité (« *decision scaling* », par exemple). Les projections des modèles de circulation générale (MCG) présentant un intérêt limité pour éclairer les décisions d'adaptation concernant l'eau, ce type d'analyses

Encadré 2.2. **Approches visant à évaluer le processus décisionnel en cas d'incertitude**

Approche « probabiliste » bayésienne

L'incertitude caractérisant certains scénarios peut être traitée au moyen d'une approche probabiliste bayésienne standard. Cette approche consiste à attribuer des degrés de probabilité à chaque scénario afin d'obtenir une répartition combinée des résultats rendant compte de la probabilité de réalisation de différents scénarios. La prise de décision peut se fonder sur une théorie de l'utilité espérée standard, que les pouvoirs publics manifestent ou non une aversion au risque.

Critère du « seuil de satisfaction »

Le principe du « seuil de satisfaction » est fondé sur l'idée de garantir un résultat raisonnablement satisfaisant. Étant donné qu'il est difficile pour un seul instrument d'action d'être optimal dans toutes les situations reflétées par les différents scénarios, une analyse peut être effectuée en vue de déterminer s'il existe un outil capable de fonctionner « suffisamment bien » dans toutes les circonstances examinées. Ce principe a été introduit par Simon (1956) pour décrire le comportement humain en situation de rationalité limitée et d'information incomplète. Dans le cas où il n'existerait aucun instrument fonctionnant « suffisamment bien » pour l'ensemble des scénarios considérés, le critère du seuil de satisfaction aide les décideurs à déceler quels scénarios sont les plus négligés pour chacun des choix possibles.

Le critère MaxiMin

Le critère MaxiMin a pour objectif d'éviter les pires résultats dans un contexte défavorable. En d'autres termes, il s'agit d'optimiser le résultat minimal (Von Neumann, 1928). Le principe consiste à prendre le pire scénario pour chacun des instruments donnés et à choisir l'instrument affichant le meilleur indicateur coût-efficacité dans le cadre de ce scénario du pire. Ce critère extrêmement prudent représente une aversion élevée à l'incertitude, et a pour avantage de ne retenir qu'un seul outil pour l'ensemble des scénarios.

Source : D'après Anton, et al. (2012), « A Comparative Study of Risk Management in Agriculture under Climate Change », *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, n° 58, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/5k94d6fx5bd8-en*.

s'appuie sur ces projections sans pour autant les mettre au cœur de la démarche. Ces analyses combinent approche ascendante et approche descendante, s'attachant tout d'abord aux sources de préoccupation puis à la manière dont les données climatiques pourraient ajouter de la valeur à l'analyse. Ces méthodes se décomposent en trois étapes fondamentales consistant à : 1) cerner le problème et notamment définir les objectifs et les mesures de performances, 2) utiliser un test de résistance pour recenser les aléas et évaluer la performance du système compte tenu d'une large plage de variabilité et de changements climatiques et non climatiques, et 3) évaluer le risque en faisant appel aux données climatiques, notamment aux projections modélisées du climat. Si ces méthodes ne peuvent réduire l'incertitude relative au changement climatique, elles contribuent en revanche à clarifier les effets de l'incertitude sur les décisions.

Ces différentes approches peuvent être utilisées pour éclairer les décisions et évaluer les solutions qui s'offrent aux pouvoirs publics lorsque l'incertitude est omniprésente. On peut également y avoir recours afin de hiérarchiser les politiques d'adaptation et les investissements en la matière. La pertinence d'une approche spécifique dépendra de la nature du risque, de la quantité et de la qualité des données disponibles (en matière de

climatologie et d'analyses économiques par exemple) et du degré d'aversion au risque des décideurs. Au Royaume-Uni, l'évaluation des risques liés au changement climatique (*Climate Change Risk Assessment* – CCRA) (voir encadré 3.1), qui se fonde sur les meilleures données scientifiques disponibles ainsi que sur des approches décisionnelles solides fondées sur les risques pour analyser les risques et décider des mesures à prendre en conséquence, est un bon exemple pratique.

« Cibler les risques » : déterminer l'acceptabilité et la tolérabilité

Dans le domaine de l'eau, déterminer l'*acceptabilité* et la *tolérabilité* d'un risque donné est l'un des aspects les plus délicats et sujets à controverse de l'approche fondée sur les risques (Klinke et Renn, 2012). Ce processus exige de recourir à des jugements fondés à la fois sur des données factuelles et sur des valeurs. Un risque est considéré comme *acceptable* si la probabilité qu'il dépasse un seuil donné (norme sanitaire, point de basculement d'un hydrosystème, par exemple) est peu élevée et si l'impact en cas de dépassement de ce seuil est faible. Rien n'incite alors à réduire davantage un risque acceptable, à moins qu'il ne devienne possible d'appliquer des mesures présentant un meilleur rapport coût-efficacité. En revanche, pour ramener des risques *tolérables* à un niveau acceptable, il est nécessaire de faire appel à des mesures économiquement efficaces. Le fait, pour un risque, de dépasser un seuil acceptable peut également être considéré comme tolérable à condition que cette situation soit provisoire et réversible. En raison de leur très forte probabilité et/ou de leur potentiel élevé de dommage, les risques *intolérables* sont jugés inacceptables. Ils nécessitent des mesures d'urgence susceptibles de les ramener à un niveau acceptable. Le processus d'appréciation de l'acceptabilité et de la tolérabilité des risques permet aux décideurs publics de gérer en priorité ceux qui dépassent les niveaux acceptables (OCDE, 2009).

La gestion des risques liés à l'eau amène à prendre régulièrement des décisions complexes portant sur le niveau acceptable ou tolérable des risques pour les hydrosystèmes, et notamment à déterminer les débits écologiques minimums ou à fixer des normes de sûreté relatives aux crues. Qu'il soit implicite ou explicite, ce jugement portant sur l'acceptabilité et la tolérabilité d'un risque donné influence fortement la stratégie de gestion des risques, le type de réponse adopté, le rôle des politiques publiques et le coût actuel et futur de la gestion des risques. Par ailleurs, l'analyse économique est d'une grande utilité pour établir un jugement à partir de données probantes, en particulier lorsqu'il s'agit d'arbitrer entre plusieurs risques potentiels. Selon les pays, la détermination de ces critères d'acceptabilité et de tolérabilité varie en termes de mise en œuvre, de responsabilités et de degré d'implication des principaux groupes d'acteurs.

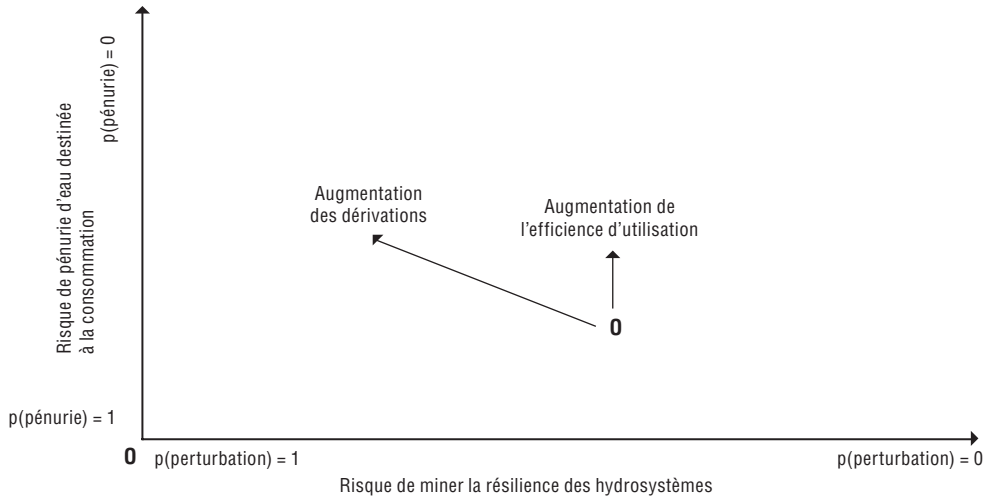
Les poissons ou les agriculteurs ? L'arbitrage entre plusieurs risques liés à l'eau

L'adaptation au changement climatique et la sécurité de l'eau conduisent souvent à devoir procéder à des arbitrages entre plusieurs risques ou à en soupeser les effets induits. Les efforts déployés pour gérer un risque donné pour une population donnée peuvent en effet accroître d'autres risques (que cela ait été envisagé ou non). Ainsi, réduire le risque d'inondation pour une collectivité peut aggraver ce même risque pour la collectivité voisine. De même, réduire le risque de pénurie d'eau destinée à la consommation est susceptible de miner la résilience des hydrosystèmes. Ainsi, mettre en balance les risques de pénurie et d'inondation peut constituer un véritable dilemme dans le cadre de l'exploitation de barrages. Une analyse d'arbitrage entre les risques pourra donc aider les décideurs publics à déterminer les mises en balance à opérer suite à une intervention (ou

à l'absence d'intervention) des pouvoirs publics, à mesurer l'importance relative de la gestion de risques étroitement liés lorsque des choix difficiles s'imposent, ainsi qu'à analyser la possibilité de réduire le risque global au moyen de mesures « doublement gagnantes » (Graham et Wiener, 1995).

L'intérêt des arbitrages entre les risques tient à ce qu'ils contribuent à définir les stratégies qui atténuent le plus possible les externalités négatives de la gestion des risques. Prises de manière isolées, les stratégies de gestion d'un certain risque lié à l'eau peuvent *sembler* optimales alors qu'elles s'accompagnent d'importantes externalités. En revanche, lorsqu'on prend en compte les conséquences pour d'autres risques liés à l'eau, les arbitrages deviennent alors évidents et les gains ne sont plus les mêmes. Le graphique 2.3 illustre schématiquement un exemple simple d'arbitrage entre les risques pour les agriculteurs (risque de pénurie d'eau, par exemple) et concernant les poissons (risque de miner la résilience d'hydrosystèmes, par exemple).

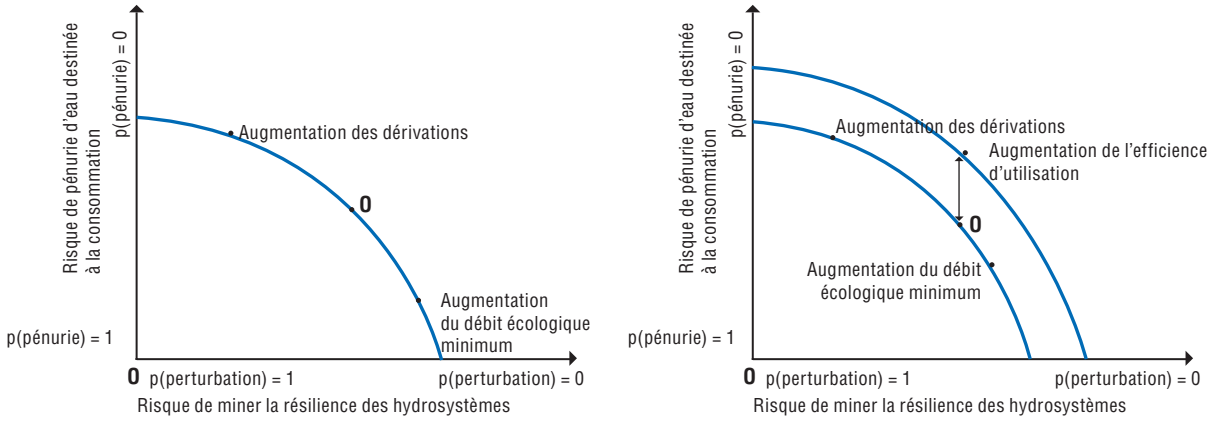
Graphique 2.3. **Illustration d'un arbitrage potentiel entre les poissons et les agriculteurs**



Dans cet exemple, réduire le risque de pénurie en détournant davantage d'eau peut augmenter le risque de mettre en péril la résilience des écosystèmes. En revanche, améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les irrigants peut réduire le risque de pénurie sans pour autant accroître les dérivations d'eau, et par conséquent avoir un effet neutre (ou potentiellement positif) sur le risque pour les hydrosystèmes.

Une autre manière de visualiser les arbitrages à opérer entre plusieurs risques consiste à regrouper tous les compromis possibles pour deux risques donnés, compte tenu des interventions les plus efficaces disponibles. Cette méthode peut être illustrée par une « limite de protection contre le risque » (graphique 2.4, à gauche). La forme de la courbe représentant la limite de protection contre le risque dépend de la relation entre les risques. Celle-ci varie en fonction des risques et des facteurs contextuels donnés, par exemple les caractéristiques physiques des masses d'eau ainsi que les possibilités techniques de gestion des risques. Sur cette illustration, la limite de protection contre les risques est concave, reflétant l'hypothèse selon laquelle la protection contre chaque risque a un rendement marginal décroissant. En d'autres termes, à mesure que l'on atteint des

Graphique 2.4. **Limite de protection contre les risques dans le cadre de l'allocation de l'eau entre les poissons et les agriculteurs**



niveaux supérieurs de réduction des risques pour un risque donné, une augmentation de l'autre risque doit alors être tolérée. Dans le cadre de l'allocation de l'eau, le graphique 2.4 illustre un arbitrage à opérer en faveur soit de l'augmentation des dérivations à des fins d'utilisation consommatrice, soit de celle des débits écologiques minimums.

La limite de protection contre le risque n'est donc pas figée. Une stratégie de gestion des risques parvenant à réduire l'*ensemble* des risques pour au moins un des deux risques, sans que des arbitrages soient pour autant nécessaires, pourra être illustrée par un déplacement de la courbe vers l'extérieur (graphique 2.4, à droite), résultant d'une plus grande efficience d'utilisation de l'eau.

« Gérer » les risques et renforcer la résilience

Les décisions en matière de gestion des risques et d'amélioration de la résilience devraient être étayées par l'intégralité des étapes précédentes du processus de gouvernance des risques. La stratégie de gestion des risques peut consister à éviter, réduire, transférer ou assumer les risques. Il faut pour cela agir sur les facteurs de risque, en limitant l'exposition ou en renforçant la résilience de la communauté, des actifs physiques et de l'environnement pour qu'ils soient moins vulnérables aux dommages potentiels. De nombreuses stratégies d'adaptation peuvent être utilisées pour gérer les risques liés à l'eau (voir le tableau 2.1).

L'adaptation peut réduire au minimum le coût total du changement climatique (coût de l'adaptation plus dommages résiduels liés au climat, par exemple). Du point de vue économique, l'adaptation peut s'avérer insuffisante ou excessive, voire inappropriée. Dans un contexte de risques et d'incertitudes, les décisions s'appuient sur la mise en balance des coûts et bénéfices *escomptés*, c'est-à-dire sur la moyenne pondérée en fonction des probabilités de scénarios d'avenir possibles. En effet, dans le cas de l'adaptation au changement climatique, le coût des mesures est davantage susceptible d'être connu et supporté à court terme, alors que nombre de leurs avantages (évitement des effets du changement climatique) ne se feront réellement sentir qu'à très long terme et ne seront pas connus avec certitude. Analyser le rapport coûts-avantages des mesures d'adaptation est important pour en étayer la hiérarchisation et pour en améliorer la performance. Pourtant, les études portant sur l'estimation des coûts et avantages de l'adaptation des hydrosystèmes demeurent peu nombreuses. (encadré 2.3).

Tableau 2.1. **Stratégies d'adaptation possibles pour les hydrosystèmes**

Stratégie d'adaptation	Exemples
Améliorer l'approvisionnement	Augmentation du stockage, collecte des eaux de pluie, réutilisation de l'eau, dessalement de l'eau, réduction des fuites dans les systèmes de distribution, recharge des nappes aquifères, extraction des eaux souterraines.
Gérer la demande	Tarification de l'eau, systèmes d'eau intelligents.
Faciliter l'allocation et les transferts d'eau	Marchés de l'eau, attribution administrative de l'eau, raccordement des systèmes de distribution régionaux et facilitation des transferts entre bassins.
Maintenir ou améliorer la qualité de l'eau	Normes qualitatives sur l'eau, limitation des rejets autorisés, redevance pour le traitement des eaux usées, stratégies d'adaptation écosystémiques (par exemple aménagement des zones ripariennes, restauration/protection des zones humides), amélioration des stations d'épuration des eaux usées.
Protéger contre les inondations	Gestion de l'utilisation des terres, infrastructures artificielles ou naturelles (digues et gestion des zones humides par exemple).
Améliorer les données	Recherche, collecte et diffusion de données, évaluation de l'impact du changement climatique, analyses de la vulnérabilité et des risques.
Faire face à l'incertitude	Planification cyclique et itérative de la gestion de l'eau, infrastructures modulables et potentiellement adaptables (zones humides et plaines inondables, gestion adaptative de l'utilisation des terres, système de petits barrages plutôt qu'un grand barrage unique).

Encadré 2.3. **Coûts et avantages escomptés de l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique**

Dans les pays de l'OCDE, le coût de l'adaptation au changement climatique risque d'aggraver le déficit de financement déjà important dans le domaine de l'eau. Dans ce domaine, la variabilité accrue des conditions météorologiques est susceptible de créer des problèmes d'adaptation beaucoup plus importants qu'une modification des moyennes, et constituera sans doute aussi un facteur de coût essentiel en matière d'adaptation des infrastructures de l'eau.

Les analyses économiques de l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique demeurent peu nombreuses. Il n'existe en effet qu'un nombre limité d'études sur l'adaptation de l'approvisionnement en eau à l'échelle nationale, infranationale ou d'un bassin hydrographique particulier. De plus, ces études se concentrent en règle générale sur les estimations de coûts et oublient de quantifier les bénéfices. Par ailleurs, en raison des différentes méthodologies qu'elles emploient, leur comparaison est difficile. De nombreuses estimations des coûts de l'adaptation incluent les investissements nécessaires pour traiter la variabilité actuelle du climat ainsi que le changement climatique à long terme. Elles chiffrent souvent les coûts de réponses d'ordre technique et structurel plutôt que ceux liés à des solutions plus douces consistant par exemple à modifier les comportements, qui peuvent être moins coûteuses. De plus, nombre des investissements nécessaires à l'adaptation pourraient être réalisés dans le cadre du cycle normal de remplacement des investissements. Enfin, ces études distinguent rarement les coûts marginaux supplémentaires liés au changement climatique de ceux imputables à l'éventail plus large des pressions sur les hydrosystèmes résultant de facteurs socio-économiques.

Il ressort d'une analyse des coûts et avantages de l'adaptation réalisée par Agrawala et Fankhauser en 2008 que dans l'ensemble, les travaux publiés sur l'adaptation de l'offre et de la demande d'eau aux effets du changement climatique sont trop rares et trop spécifiques pour permettre une évaluation générale des coûts. Il est néanmoins possible d'en tirer quelques observations d'ordre général. Pour les régions dans lesquelles une augmentation

Encadré 2.3. **Coûts et avantages escomptés de l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique** *(suite)*

des précipitations est attendue, des mesures telles que la gestion des inondations et le traitement des eaux usées devraient engendrer des coûts supplémentaires importants. Dans celles marquées par un déclin ou des changements dans la forme des précipitations, de lourds investissements seront nécessaires pour améliorer le stockage et il sera très utile d'accroître l'efficience de l'allocation de la ressource. Dans certains cas, maintenir la qualité des hydrosystèmes pourra également se révéler très coûteux.

Il ressort d'un examen récent des analyses économiques de l'adaptation en Europe, « ClimateCost » (2011), que les études relatives à l'eau s'intéressent peu ou moyennement au sujet. D'après cet examen, plusieurs études récentes menées à l'échelle nationale présagent d'importants coûts d'adaptation, notamment pour la protection contre les inondations. Ainsi, l'étude britannique Foresight a estimé que pour les 80 prochaines années, la totalité des coûts liés aux investissements d'adaptation nécessaires contre les inondations (qu'elles soient côtières, dues aux crues des cours d'eau ou intra-urbaines) se situerait entre 22 et 75 milliards GBP pour une série d'actions dont le coût annuel pourrait atteindre 1 milliard EUR, selon le scénario considéré. De la même manière, une analyse récente portant sur la protection contre les inondations et la gestion des risques liés à ces dernières aux Pays-Bas a estimé que la mise en œuvre d'un ensemble complet de mesures d'adaptation coûterait entre 1.2 et 1.6 milliard EUR par an jusqu'en 2050 et entre 0.9 et 1.5 milliard EUR pour la période 2050-2100. Enfin, d'après une étude suédoise, les mesures d'adaptation prises dans un éventail plus large de secteurs (dont les transports, le traitement des eaux usées, les infrastructures et la protection contre les inondations) représenteraient des coûts d'investissements potentiellement importants, pouvant aller jusqu'à 10 milliards EUR (au total) sur la période 2010-2100.

S'il peut être difficile d'évaluer avec précision les coûts et avantages des mesures d'adaptation, les coûts d'une non-adaptation ou d'une adaptation inappropriée peuvent se révéler particulièrement lourds, notamment dans un domaine comme l'eau, sensible au climat et caractérisé par de nombreuses infrastructures à longue durée de vie dont les coûts irrécupérables sont élevés.

Source : ClimateCost (2011), « The Costs and Benefits of Adaptation Policy in Europe: Review Summary and Synthesis », ClimateCost Policy Brief, *www.climatecost.cc/images/Review_of_European_Costs_and_Benefits_of_Adaptation.pdf* (consulté le 5 novembre 2012) ; Agrawala et Fankhauser (2008), *Aspects économiques de l'adaptation au changement climatique : Coûts, bénéfices et instruments économiques*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264046870-fr*.

La planification dans le temps des actions d'adaptation aura des répercussions importantes sur l'ensemble des coûts et avantages de l'adaptation. En règle générale, lorsqu'ils envisagent l'établissement d'un calendrier de mise en œuvre des mesures d'adaptation, les pouvoirs publics comparent la valeur actuelle d'une adaptation immédiate avec celle d'une adaptation ultérieure. Or, la décision d'agir aujourd'hui ou demain dépend essentiellement de trois facteurs : i) l'évolution des coûts de l'adaptation dans le temps ; ii) les avantages à court terme de l'adaptation ; et iii) les effets à long terme d'une adaptation précoce (Agrawala et Fankhauser, 2008).

Si l'effet de l'actualisation a tendance à favoriser le report dans le temps des actions d'adaptation, une mise en œuvre précoce peut s'avérer moins coûteuse pour certains types de mesures, notamment l'ajustement des investissements consacrés aux infrastructures à longue durée de vie, car elle permet d'éviter les coûts et les désagréments d'une

reconversion. Les actions précoces peuvent également être préférées si elles apportent des bienfaits immédiats et/ou durables et évitent de franchir des points de basculement aux effets irréversibles (Agrawala et Fankhauser, 2008).

Dans la pratique, la planification dans le temps et la nature des actions d'adaptation sont influencées par une série de facteurs. Hanemann (2008) signale un certain nombre d'entre eux : la plupart de ces actions sont menées à l'échelle locale ; les décisions impliquent une pluralité d'acteurs ; la répartition des coûts et avantages de l'adaptation et le rythme des décisions sont influencés par les institutions ; la réalité du changement climatique et les réponses d'adaptation possibles ne sont pas connues avec certitude et ne font pas toujours l'objet d'un consensus entre les différentes parties concernées. La non-reconnaissance de la nécessité d'agir et la non-reconnaissance des avantages qui en découleraient représentent deux obstacles potentiels à une adaptation efficace et opportune. Les erreurs de calendrier peuvent se produire dans les deux sens : trop précoce ou trop tardive, une action aura des conséquences sur l'efficience économique de l'adaptation.

Si des approches robustes fonctionnant correctement pour plusieurs scénarios d'avenir possibles semblent davantage appropriées pour guider les décisions d'adaptation que certaines approches recherchant l'optimisation, des **principes d'action** (encadré 2.4) peuvent être utilisés pour hiérarchiser les actions et faciliter la mise en œuvre de réponses plus opportunes, plus efficientes économiquement et plus équitables.

Encadré 2.4. **Principes d'action pour faciliter l'adaptation des hydrosystèmes**

- **S'attaquer expressément aux conséquences des politiques de l'eau en termes de risques.** Pour ce faire, il faudra clarifier les rôles et les responsabilités, confier la prise en charge des risques aux acteurs capables de les gérer le plus efficacement possible et instaurer des dispositions de partage équitable des risques, tout en tenant compte des besoins environnementaux.
- **Étudier l'éventail complet des stratégies envisageables en matière de gestion des risques liés à l'eau** (« éviter », « réduire », « transférer » ou « assumer » le risque) pour s'attaquer aux multiples facteurs de risques, y compris non seulement les aléas climatiques, mais aussi les facteurs socio-économiques qui influent sur l'exposition et la vulnérabilité des populations, des actifs physiques et des écosystèmes.
- Envisager l'adaptation au changement climatique **à un stade précoce de la planification et du cycle des projets.** Cette méthode sera sans doute moins coûteuse que d'ajouter des marges de sécurité supplémentaires une fois le projet déjà conçu et son lieu d'implantation choisi et/ou de procéder à un réaménagement ultérieur.
- Utiliser les **approches adéquates en matière de prise de décision** pour faire face à l'incertitude générale afin d'améliorer la robustesse des décisions, de façon à les rendre efficaces pour une pluralité de scénarios d'avenir possibles.
- **Envisager les coûts et avantages *escomptés*** des actions d'adaptation, ce qui peut nécessiter d'utiliser un taux d'actualisation compatible avec des horizons temporels longs.
- **Prendre en compte la valeur d'option** des approches qui autorisent des changements d'échelle et procurent de la souplesse de façon à favoriser des investissements permettant des ajustements à mesure que de nouvelles informations sont obtenues. Les actions irréversibles et coûteuses doivent être reportées aussi longtemps que possible.

Encadré 2.4. **Principes d'action pour faciliter l'adaptation des hydrosystèmes** *(suite)*

- **Donner la priorité aux options « sans regret » et « à faible regret »** (options viables quels que soient les scénarios d'avenir possibles).
- **Réduire au minimum les erreurs de calendrier** en adoptant une approche souple de la planification et des investissements en situation d'incertitude pour les infrastructures de l'eau à longue durée de vie, qui sont source de coûts irrécupérables élevés et sont sensibles aux modifications du climat.

« Connaître », « cibler » et « gérer » les risques : le rôle des pouvoirs publics

Dans le cadre d'une approche fondée sur les risques, il est nécessaire de « **connaître** », de « **cibler** » et de « **gérer** » les risques liés à l'eau. Les pouvoirs publics ont un important rôle à jouer en diffusant les données de manière à réduire les asymétries d'information, ce qui permet une prise de décision efficace et éclairée en matière de gestion des risques (« connaître les risques »). Il leur incombe également d'aider les parties prenantes à s'accorder sur l'acceptabilité et la tolérabilité d'un risque en un lieu donné (« cibler les risques »). Enfin, les pouvoirs publics peuvent aider à clarifier les rôles et responsabilités dans le cadre du partage des risques, de façon à ce que la gestion de ces risques soit assurée par les acteurs les mieux à même de remplir cette tâche (« gérer les risques »).

Contrairement aux avantages tirés de l'atténuation du changement climatique, ceux découlant de l'adaptation sont souvent de nature privée et l'action est largement décentralisée. Une distinction peut être faite entre l'adaptation « privée », dont seuls les acteurs qui en sont à l'origine tirent profit, et l'adaptation « conjointe », dont les avantages profitent à une multiplicité d'acteurs (Mendelsohn, 2000). L'adaptation conjointe peut jouer un rôle essentiel pour les hydrosystèmes étant donné l'importance cruciale de l'action des pouvoirs publics dans l'approvisionnement en eau et l'assainissement, la protection contre les inondations et la protection des écosystèmes d'eau douce. Les pouvoirs publics ont donc un rôle évident à jouer dans la promotion de l'adaptation conjointe, laquelle risque par ailleurs d'être sous-capitalisée en raison de son caractère de bien public.

Les pouvoirs publics ont également un rôle à jouer pour, d'une part, faciliter l'adaptation privée, ou « autonome », en offrant un environnement favorable qui permette aux acteurs privés de prendre des décisions en temps voulu, éclairées et efficientes, et pour, d'autre part, pallier les externalités négatives engendrées par les activités d'adaptation d'origine privée (Agrawala et Fankhauser, 2008). Des interventions des pouvoirs publics peuvent être nécessaires pour remédier aux déficits d'information, notamment les asymétries d'information, qui surviennent lorsque dans un échange entre deux parties, l'une des parties dispose d'informations inconnues de l'autre. En outre, les acteurs privés ne prennent pas nécessairement toute la mesure des impacts du changement climatique et des risques qu'ils comportent. L'action des pouvoirs publics peut contribuer à remédier aux défauts de coordination se produisant dans le cadre d'arbitrages entre plusieurs risques. Lorsque ce type d'arbitrage s'étend au-delà des frontières administratives, une coordination entre les acteurs publics et les parties prenantes est alors essentielle.

Les pouvoirs publics ont aussi un rôle à jouer pour lever les obstacles institutionnels, réglementaires et économiques qui empêchent la mise en œuvre efficiente et en temps

voulu de l'adaptation. Parmi les obstacles réglementaires, on recense notamment les contraintes relatives à la mise en valeur d'autres sources d'approvisionnement (telles que le recyclage de l'eau), les restrictions à l'ajustement du prix de l'eau qui entravent la capacité des exploitants des réseaux à recouvrer les coûts liés aux mesures d'adaptation. L'absence de dispositions claires concernant les droits d'utilisation de l'eau peut empêcher une allocation efficiente ou contribuer à l'incertitude concernant les allocations futures. Les codes de construction, les normes, la planification de l'occupation des sols et les régimes d'assurance actuels, qui ont été élaborés pour un climat stationnaire, peuvent atténuer l'efficacité des incitations à s'adapter au changement climatique à long terme (ou créer des incitations perverses). Des instruments économiques mal conçus (ou l'absence d'instruments économiques) peuvent aussi créer des obstacles à l'adaptation. Les subventions encourageant les prélèvements d'eau excessifs et une utilisation inefficace de l'eau et les systèmes subventionnés d'assurance contre les inondations qui encouragent les constructions dans les zones inondables en sont des exemples.

Conclusion

En l'absence de prévisions climatiques fiables et précises, une approche fondée sur les risques peut étayer les décisions d'adaptation et aider les autorités à « connaître », « cibler » et « gérer » les risques liés à l'eau. Pour garantir une sécurité de l'eau résiliente à long terme, il est essentiel, voire impératif, d'appréhender l'adaptation au changement climatique dans la perspective plus large de la sécurité de l'eau et non de manière isolée. Retarder ou négliger la prise en compte systématique du changement climatique dans les politiques, la planification et la pratique de la gestion de l'eau peut mettre en péril la sécurité de l'eau et rendre la réalisation de cet objectif de plus en plus coûteuse.

Le présent chapitre propose donc une approche fondée sur les risques ainsi que des principes d'action pouvant être utilisés pour faciliter une adaptation en temps utile, économiquement efficiente et équitable dans le secteur de l'eau. Alors que de nombreux débats sont en cours sur ce que les pouvoirs publics *pourraient* ou *devraient* faire pour adapter les hydrosystèmes au changement climatique, un examen systématique de ce qu'ils *font* actuellement est aussi indispensable pour évaluer les progrès accomplis et enrichir la réflexion à partir des actions concrètes déjà réalisées. Le chapitre 3 s'appuie sur une enquête consacrée par l'OCDE aux politiques de l'eau et aux politiques d'adaptation au changement climatique de ses 34 pays membres et de la Commission européenne. Il récapitule les tendances générales et les enseignements qui s'en dégagent, brossant un panorama de l'adaptation telle qu'elle est concrètement mise en œuvre dans le secteur de l'eau.

Notes

1. Ce chapitre est étroitement lié au chapitre 1 « En quoi la sécurité de l'eau est-elle importante ? » du rapport de l'OCDE (2013) *La sécurité de l'eau pour une vie meilleure*, qui présente plus en détail la terminologie du risque et les principaux concepts dans ce domaine.
2. Une approche « axée sur le climat » est une approche « descendante », qui part de projections relatives au changement climatique, puis fait appel à des projections plus fines pour établir des analyses d'impact destinées à étayer les politiques d'adaptation. Par contre, l'« intégration » est une approche « ascendante » consistant à intégrer l'adaptation dans les plans, programmes, politiques et projets.
3. Voir, par exemple, Parmesan et al. (2011), qui expliquent pourquoi les tentatives d'attribuer certains impacts spécifiques à l'augmentation des gaz à effet de serre sont inopportunes.

4. Selon Grey et Garrick (2012), la sécurité de l'eau est définie comme un niveau tolérable de risques liés à l'eau pour tous les acteurs et à toutes les échelles.
5. Lorsqu'un système est proche du point de basculement, il peut lui falloir beaucoup de temps pour se remettre d'une très faible perturbation.
6. Dans le cadre de la planification, il peut être très tentant de choisir un scénario d'avenir possible « moyen ». C'est l'une des raisons pour lesquelles les développeurs élaborent souvent un nombre pair de scénarios (quatre en règle générale), de manière à ce qu'il n'existe pas de scénario « moyen » ou « intermédiaire ».

Références

Agrawala, S. et S. Fankhauser (éd.) (2008), *Aspects économiques de l'adaptation au changement climatique : Coûts, bénéfices et instruments économiques*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264046870-fr.*

Antón, J. et al. (2012), « A Comparative Study of Risk Management in Agriculture under Climate Change », *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, n° 58, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5k94d6fx5bd8-en.*

Brown C. et R.L. Wilby (2012), « An Alternative Approach to Assessing Climate Risks », *Eos*, *Transactions*, vol. 93/41, American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 401-402, *http://dx.doi.org/10.1029/2012EO410001*.

ClimateCost (2011), « The Costs and Benefits of Adaptation Policy in Europe: Review Summary and Synthesis », *ClimateCost Policy Brief*, *www.climatecost.cc/images/Review_of_European_Costs_and_Benefits_of_Adaptation.pdf* (consulté le 5 novembre 2012).

Coates, D. et M. Smith (2012), « Natural Infrastructure Solutions for Water Security », in *Water and the Green Economy: Capacity Development Aspects*, R. Ardakanian et D. Jaeger (éd.), *Programme décennal de l'ONU-Eau sur le renforcement des capacités*, *www.unwater.unu.edu/file/get/534* (consulté le 23 avril 2013).

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) (2012), « Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation », *A Special Report of Working Groups I and II* of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis.

Grafton, R.Q. et al. (2012), « Global Insights into Water Resources, Climate Change and Governance », *Nature Climate Change*, Nature Publishing Group, vol. 3, *http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1746*.

Graham, J.D. et J.B. Wiener (1995), « Confronting Risk Tradeoffs », in *Risk vs. Risk. Tradeoffs in Protecting Health and the Environment*, pp. 1-41, Cambridge, MA, Harvard University Press.

Grey D. et D. Garrick (2012), « Water Security as a 21st Century Challenge », *Brief,* n° 1, International Conference on Water Security, Risk and Society, Oxford University, 16-18 avril , janvier, *www.eci.ox.ac.uk/watersecurity/downloads/briefs/1-grey-garrick- 2012.pdf* (consulté le 20 octobre 2012).

Hall J. (2012), « Water Security and Environmental Risk », *Brief,* n° 2, International Conference on Water Security, Risk and Society, Oxford University, 16-18 avril, 2012, *www.eci.ox.ac.uk/watersecurity/downloads/briefs/2-hall-2012.pdf* (consulté le 20 octobre 2012).

Hallegate, S. et al. (2012), « Investment Decision Making under Deep Uncertainty: Application to Climate Change », *Policy Research Working Paper,* n° 6193, The Work Bank, Sustainable Development Network, Office of the Chief Economist, septembre , Washington, DC.

Hanemann, M. (2008), « Some Observations on the Economics of Adaptation », communication présentée à l'Atelier d'experts de l'OCDE sur les aspects économiques de l'adaptation, Paris, 7-8 avril, *www.oecd.org/env/cc/agendaoftheexpertworkshopontheeconomicaspectsofadaptationtoclim atechange.htm*, consulté le 15 octobre 2012.

Huntington, T. (2006), « Evidence for Intensification of the Global Water Cycle: Review and Synthesis », *Journal of Hydrology,* vol. 319, Elsevier, pp. 83-95, *http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.07.003*.

Klinke A. et O. Renn (2012), « Adaptive and Integrative Governance on Risk and Uncertainty », *Journal of Risk Research*, vol. 15/3, Routledge, Londres, pp. 273-292, *http://dx.doi.org/10.1080/13669877.2011.636838*.

Knight, F.H. (1921), *Risk, Uncertainty, and Profit*, Hart, Schaffner and Marx, Houghton Mifflin Company, Boston.

Loucks, D.P. (2011), « Risk and Uncertainty in Water Planning and Management: A Basic Introduction », *in* R.Q. Grafton et K. Hussey (éd.), *Water Resources Planning and Management*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 230-250.

Mendelsohn, R. (2000), « Efficient Adaptation to Climate Change », *Climatic Change*, 45, Kluwer Academic Publishes, Pays-Bas, pp. 583-600.

Milly, P.C.D. et al. (2008), « Stationarity Is Dead: Whither Water Management », *Science,* vol. 319, American Association for the Advancement of Science, pp. 573-574, *http://dx.doi.org/10.1126/science.1151915*.

OCDE (2013), « La sécurité de l'eau pour une vie meilleure », Études de l'OCDE sur la gestion du risque, Éditions OCDE, *http://doi.org/10.1787/9789264202405-en*.

OCDE (2009), « Innovation in Country Risk Management », Études de l'OCDE sur la gestion du risque, Éditions OCDE.

Parmesan, C. et al. (2011), « Overstretching attribution », *Nature Climate Change*, vol. 1, Macmillan Publishers Limited.

Rees, J.A. (2002), « Risk and Integrated Water Management », *TEC Background Papers,* n° 6, Global Water Partnership, Stockholm.

Renn O. et P. Graham (2006), *Risk Governance: Towards an Integrative Approach*, International Risk Governance Council (IRGC), *White paper*, n° 1, *www.irgc.org/IMG/pdf/IRGC_WP_No_1_Risk_Governance__reprinted_version_.pdf* (consulté le 4 décembre 2012).

© OCDE 2014

Chapitre 3

Adaptation des hydrosystèmes au changement climatique dans les pays de l'OCDE

Ces dernières années, les pays de l'OCDE ont progressé sur le front de l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique. Afin de jauger ces progrès et de mieux comprendre les efforts concrets d'adaptation, le Secrétariat de l'OCDE a réalisé une enquête sur les mesures prises par ses 34 pays membres et la Commission européenne.

Ce chapitre examine les grandes tendances, met en lumière les pratiques innovantes et dégage les enseignements de l'enquête. Il donne un aperçu des efforts déployés par les pays pour « connaître », « cibler » et « gérer » les risques liés à l'eau dans un contexte de modification du climat. Il expose les préoccupations majeures des pays et leurs principaux points de fragilité, présente les moyens d'action les plus utilisés pour faire face à différentes difficultés dans le domaine de l'eau et met en évidence, exemples à l'appui, une série de leviers que peuvent actionner les pouvoirs publics pour favoriser l'adaptation. Enfin, la dernière partie du chapitre fait le point sur les efforts de financement de l'adaptation des hydrosystèmes.

Messages clés

- Le Secrétariat de l'OCDE a mené **une enquête visant à faire le bilan des progrès réalisés dans un passé récent** par les 34 pays membres de l'OCDE et la Commission européenne dans la promotion de l'adaptation des hydrosystèmes aux effets du changement climatique. Cette enquête a permis de mettre en lumière les grandes tendances et les pratiques innovantes, et de dégager un certain nombre d'enseignements.
- **Tous les pays de l'OCDE ont déjà constaté des changements** affectant les systèmes d'eau douce. Quasiment tous anticipent une hausse des risques liés à l'eau sur fond de changement climatique. **Les pénuries d'eau et les phénomènes extrêmes (inondations et sécheresses, par exemple)** sont les sujets de préoccupation le plus souvent cités.
- Dans l'élaboration des stratégies ou des plans d'adaptation, **l'eau** est quasiment toujours traitée comme **un secteur prioritaire ou un thème transversal** vital pour tout un éventail de domaines d'action (énergie, agriculture, infrastructures, biodiversité, santé, etc.). Parallèlement, l'adaptation au changement climatique est aussi systématiquement prise en compte dans les politiques de l'eau en vigueur. Ces deux démarches sont importantes pour assurer la cohérence et l'efficacité.
- La majeure partie des efforts menés jusqu'à présent ont visé à développer la « connaissance » des risques par **l'élaboration d'une base de données scientifiques** et la diffusion d'informations. Étant donné les investissements importants qui y sont consacrés, il est urgent de faire en sorte que ces données soient exploitées de manière optimale et répondent aux besoins des utilisateurs chargés de prendre des décisions d'adaptation concrètes à l'échelon local.
- Parmi **les moyens d'action, les instruments fondés sur l'information** (tels que les cartes des risques d'inondation, les outils d'aide à la décision pour la gestion des risques, les guides pour l'adaptation destinés aux autorités locales) sont de loin les plus usités.
- Certains pays procèdent actuellement à une révision des **lois et règlements** (concernant notamment les limites soutenables des prélèvements d'eau, les codes de la construction et l'aménagement du territoire) ainsi qu'à un ajustement des instruments économiques (tarifs de l'eau, taxes environnementales liées à l'eau, dispositifs d'assurance contre les inondations, par exemple) pour réduire les pressions de base auxquelles sont soumises les ressources en eau, lever des financements et lutter contre les risques d'inondation croissants.
- Seuls un petit nombre de pays ont commencé à traiter la question du **financement de l'adaptation**. Parmi eux, certains optent pour l'intégration de l'adaptation dans les mécanismes budgétaires existants, d'autres agissent au travers de programmes et projets concernant spécifiquement l'eau. Un certain nombre de pays mettent aussi à profit les financements disponibles dans le cadre de mécanismes internationaux. Enfin, quelques-uns consacrent un financement spécifique à l'adaptation au changement climatique en général, qui comporte le plus souvent des mesures dans le domaine de l'eau.

Ces dernières années, les pays de l'OCDE ont progressé sur le front de l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique. Pour constituer une base d'informations à jour sur les modalités concrètes de l'adaptation dans les différents pays, l'OCDE a entrepris de dresser un état des lieux de l'expérience récente acquise en la matière. Un profil a été préparé pour chaque pays membre de l'OCDE et pour la Commission européenne[1]. Il comprend (lorsque les informations correspondantes sont disponibles) :

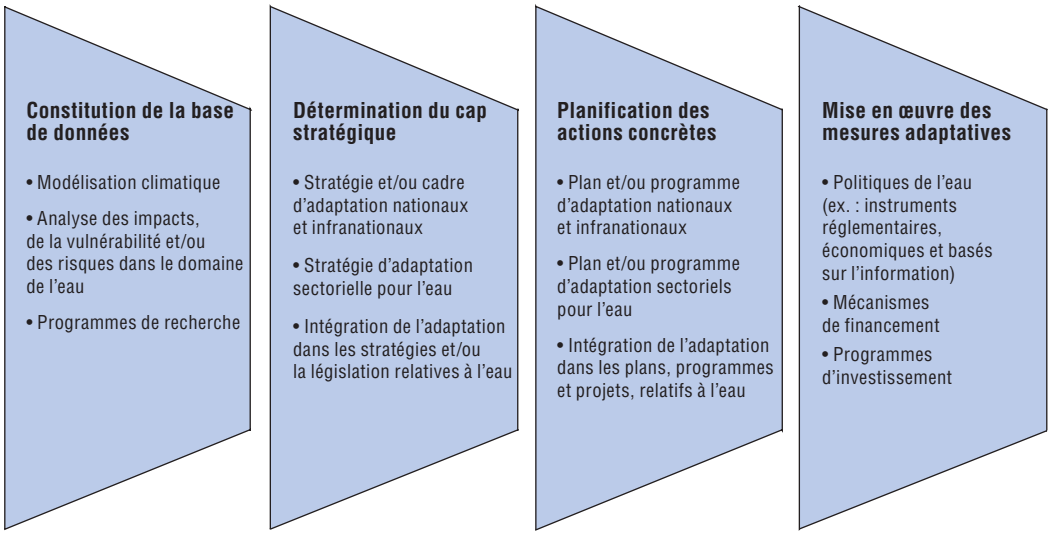
- une **présentation des grandes tendances observées** et des répercussions attendues du changement climatique sur l'eau douce, des préoccupations majeures du pays et de ses principaux points de fragilité ;
- une liste des **principaux documents d'orientation** relatifs à l'eau et à l'adaptation au changement climatique ;
- un inventaire des principaux **instruments réglementaires, économiques et fondés sur l'information** (en vigueur ou à l'étude) qui sont appliqués pour faciliter l'adaptation des hydrosystèmes ;
- une synthèse des **principaux programmes de recherche** sur le changement climatique et l'eau ;
- une synthèse des principaux mécanismes de financement et **programmes d'investissement** ;
- des exemples d'**initiatives innovantes**.

Ces profils abordent également les mesures prises pour faire face aux répercussions sur la quantité et la qualité des ressources, sur l'approvisionnement en eau et l'assainissement, sur les phénomènes extrêmes (tels que les inondations et les sécheresses) et sur les écosystèmes d'eau douce.

Les informations synthétisées dans les profils pays portent sur les principales actions en faveur de l'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau (graphique 3.1). L'enquête réalisée auprès des pays de l'OCDE fait apparaître des démarches diverses : en matière d'adaptation, tous les pays n'ont pas forcément adopté l'ensemble des modules génériques proposés ici et ne suivent pas le même schéma de progression. Une tendance générale se dégage cependant : les pays commencent souvent par établir une base de données scientifiques de référence destinée à étayer l'élaboration de stratégies et de programmes avant de mettre en œuvre les mesures prévues. Si, dans de nombreux pays, l'action publique est nationale, certains ont privilégié une approche infranationale et/ou sectorielle.

Les profils pays n'ont pas vocation à dresser l'inventaire de toutes les mesures qui pourraient faciliter l'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau pour un pays donné. Leur objectif est de refléter de façon précise et à jour les *principaux* effets anticipés ainsi que les *principales* mesures publiques et innovations à l'œuvre dans le pays, et d'orienter le lecteur vers les ressources idoines. Tous les profils ont été compilés dans une annexe au présent rapport afin de pouvoir servir d'outil de partage d'informations (disponible en ligne uniquement). Les profils pays ont permis de dégager des tendances générales, de tirer des enseignements et de mettre en lumière des démarches innovantes que l'on trouvera résumés dans ce chapitre.

Graphique 3.1. **Modules génériques des mesures d'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau**



Constitution de la base de données de référence pour « connaître » le risque

Ces dernières années, les pays de l'OCDE ont amélioré leurs bases de données scientifiques pour mieux comprendre les incidences du changement climatique sur les hydrosystèmes, et ils ont beaucoup investi dans le renforcement des capacités de recherche. Pour la plupart des pays, l'une des facettes de l'eau au moins suscite des préoccupations, qu'il s'agisse de la quantité, de la qualité, de l'approvisionnement, de l'assainissement, des phénomènes extrêmes (inondations et sécheresses notamment) ou encore des écosystèmes d'eau douce (tableau 3.1). La moitié environ des pays ont déjà réalisé des évaluations approfondies des impacts, de la vulnérabilité ou des risques à l'échelle nationale, et l'eau y tient souvent un rôle central. Beaucoup de pays ont mis en place des programmes ou projets de recherche visant à développer plus avant la base de données scientifiques sur les conséquences du changement climatique pour les hydrosystèmes et sur les réponses possibles. Cette section présente les travaux des pays de l'OCDE pour « connaître » le risque.

Tendances, projections, principales inquiétudes et vulnérabilités

La quasi-totalité des pays de l'OCDE ont déjà constaté une modification des tendances et prévoient une augmentation des risques dans le domaine de l'eau. Ils font notamment état d'une modification des précipitations, du débit des cours d'eau, des glaciers, de la neige et de la glace, d'une hausse de la température de l'air et de l'eau, d'une dégradation de la qualité de l'eau, d'une fréquence et d'une intensité accrues des phénomènes extrêmes (tels qu'inondations et sécheresses) et de répercussions sur les écosystèmes d'eau douce. Les pénuries d'eau ainsi que la fréquence et l'intensité accrues des phénomènes extrêmes, surtout des inondations et sécheresses, sont les sujets de préoccupation le plus souvent cités.

La question de la **quantité d'eau** est prioritaire pour 23 pays de l'OCDE (sur 34) et pour la Commission européenne. Les pays dotés d'un climat aride, notamment l'Espagne, la Grèce, Israël et la Turquie, de même que le sud-ouest de l'Australie et le sud-ouest des

Tableau 3.1. **Principaux motifs d'inquiétude des pays de l'OCDE et de la Commission européenne**

Motif d'inquiétude	QN	QL	AA	Phénomènes extrêmes		ECO
Pays				Inondation	Sécheresse	
Allemagne	●			●	●	
Australie	●	●	●	●	●	●
Autriche	●		●		●	●
Belgique	●	●	●	●	●	●
Canada	●	●		●		
Chili	●	●	●	●	●	●
Corée	●	●	●	●		●
Danemark			●	●		
Espagne	●	●	●	●	●	●
Estonie	●	●	●	●		●
États-Unis	●	●	●		●	
Finlande				●		
France	●				●	
Grèce	●				●	
Hongrie				●	●	
Irlande			●			
Islande						
Israël	●	●		●		
Italie	●				●	●
Japon				●		
Luxembourg	●	●	●	●		
Mexique	●		●	●	●	●
Norvège				●		●
Nouvelle-Zélande				●	●	
Pays-Bas	●			●	●	
Pologne	●	●	●	●	●	●
Portugal	●			●	●	
République slovaque				●	●	
République tchèque	●	●		●	●	
Royaume-Uni	●		●	●		
Slovénie	●	●	●	●	●	
Suède				●		
Suisse		●		●		●
Turquie	●	●	●	●	●	●
Commission européenne	●			●		

Note : QN = quantité, QL = qualité, AA = approvisionnement en eau et assainissement, ECO = écosystèmes d'eau douce. Les cases « phénomènes extrêmes » fusionnées signifient que le pays a indiqué ce point comme une inquiétude majeure, sans préciser s'il s'agissait des inondations, des sècheresses ou des deux.
Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

États-Unis, sont particulièrement sensibles à l'évolution des précipitations, fût-elle très faible. Qui plus est, même des pays où l'eau est une ressource plutôt abondante dans l'ensemble, comme la France ou les Pays-Bas, s'attendent à un stress hydrique accru dans les régions les plus vulnérables. Dans certains cas, les pénuries saisonnières sont au cœur des préoccupations, comme en Belgique : si, en hiver, la hausse des précipitations devrait augmenter la réalimentation des nappes, en revanche, la raréfaction des précipitations estivales pourrait limiter la disponibilité de l'eau, avec des répercussions négatives sur l'agriculture, les transports par voie d'eau, les loisirs nautiques, le tourisme, etc.

La **qualité de l'eau** est un enjeu essentiel pour 15 pays. Au Canada, le réchauffement général tirera les températures des eaux de surface à la hausse, raccourcira la durée de la couverture de glace et fera baisser le niveau des eaux, ce qui se traduira par une plus forte concentration en substances polluantes. La progression des inondations contribuera également à la dégradation de la qualité de l'eau. En Corée, on anticipe un risque accru de prolifération d'algues dans les eaux du domaine public sous les effets conjugués de l'accroissement du nombre de jours de canicule et de la modification des régimes pluviométriques. Autre facteur amplifiant le risque de dégradation de la qualité de l'eau pour la Corée : la pollution diffuse résultant de la hausse des précipitations, tant en quantité qu'en intensité. Le Chili s'attend à plusieurs problèmes de qualité de l'eau du fait du changement climatique : dégradation de la qualité des eaux de surface causée par des phénomènes météorologiques extrêmes, salinisation des nappes côtières en raison de l'infiltration d'eau salée, et détérioration de la qualité des eaux souterraines dans le nord du pays. La capacité des hydrosystèmes à diluer les substances polluantes devrait également s'affaiblir.

Pratiquement tous les pays de l'OCDE (32) ainsi que la Commission européenne placent **les phénomènes extrêmes** au rang des principales préoccupations. **Inondations et sècheresses** inquiètent notamment l'Allemagne, l'Australie, la Belgique, le Chili, l'Espagne, la Hongrie, le Mexique, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, la Slovénie et la Turquie. Ainsi, avec près de 24 % de leur territoire situé en dessous du niveau de la mer, les Pays-Bas sont très exposés aux inondations. De plus, 60 % de la superficie du pays est inondable, que ce soit par la mer ou par des cours d'eau non protégés par des digues. Parallèlement, le réchauffement climatique et le déficit croissant des précipitations pourraient mettre en grande difficulté dès 2050 le système d'approvisionnement en eau douce du pays, dont les capacités d'adaptation sont limitées dans la configuration actuelle. En Allemagne également, les risques d'inondations et de sècheresses figurent parmi les principales préoccupations. Le risque de sècheresse saisonnière est présent dans l'est du pays, avec des répercussions possibles sur l'agriculture et la sylviculture, tandis que plusieurs bassins hydrographiques (Rhin, Danube, Elbe et Oder notamment) sont exposés au risque d'inondations.

Les menaces pesant sur les **écosystèmes d'eau douce** sont considérées comme un important motif de préoccupation par 13 pays de l'OCDE (Australie, Autriche, Belgique, Chili, Corée, Espagne, Estonie, Italie, Mexique, Norvège, Pologne, Suisse et Turquie). En Australie, la progression des sécheresses, de la salinité et d'autres problèmes de qualité de l'eau, sans compter la raréfaction de la ressource, sont autant de menaces pour les écosystèmes. En Norvège, le changement climatique devrait bouleverser la distribution des espèces en poussant certaines d'entre elles vers des altitudes et des latitudes plus élevées. Certaines espèces de poissons et de crustacés pourront se trouver dans l'impossibilité de migrer, les écosystèmes d'eau douce étant isolés les uns des autres. Dans les cours d'eau de certaines régions, notamment au sud de la Norvège, la température de l'eau pourra dépasser le seuil critique pour plusieurs espèces importantes de poisson telles que le saumon, la truite et l'omble. Les rivières soutenues dont le niveau d'étiage est faible sont les plus fortement exposées. Dans le sud-ouest des États-Unis, le réchauffement climatique devrait accentuer la mortalité des arbres, modifiant ainsi la configuration des forêts et la distribution des espèces, ce qui altérera l'hydrologie des bassins versants.

Il arrive que des incidences sur le cycle de l'eau soient anticipées sans toutefois soulever des inquiétudes appelant des mesures d'adaptation. Ainsi, l'Allemagne s'attend à des étiages plus fréquents, mais cela ne devrait pas poser de problèmes importants pour

l'approvisionnement en eau potable, car celui-ci est principalement assuré par des aquifères locaux et le captage des eaux de surface reste limité. En Europe de l'Est, aucun des grands secteurs de consommation d'eau n'est particulièrement menacé d'après la Commission européenne, et la rareté de la ressource pourra être compensée en partie par une gestion intégrée de l'eau.

Certains pays ont déterminé que **le changement climatique devrait avoir des effets positifs sur les hydrosystèmes**. En Estonie, par exemple, la réalimentation des nappes devrait s'amplifier, dans des proportions qui dépendront des conditions hydrogéologiques propres à chaque bassin hydrographique. C'est dans les hautes terres de Pandivere, la plus importante aire d'alimentation des nappes souterraines du pays, que ce phénomène sera normalement le plus marqué. En Autriche, la modification de la carte des précipitations saisonnières et le renforcement du ruissellement hivernal (dû à l'augmentation des pluies au détriment de la neige) devraient lisser le cycle annuel du ruissellement des eaux. Globalement, cela favorisera la production hydroélectrique, en permettant un meilleur alignement de l'offre et de la demande, à moins qu'un accroissement de la charge solide n'entrave le fonctionnement des centrales hydroélectriques.

Pourtant, même quand les effets attendus sont largement positifs, certaines difficultés peuvent se poser et nécessiter une adaptation. Ainsi, en Islande, où l'eau douce est abondante, la modification du cours des rivières glaciaires en raison du retrait rapide des glaciers pourra avoir des répercussions sur les routes et d'autres voies de communication. La fonte rapide des glaciers devrait également bouleverser le ruissellement les eaux, et éventuellement impliquer de revoir la conception et le fonctionnement des centrales hydroélectriques.

Les zones les plus exposées au changement climatique subissent des incidences plus précoces et plus sévères, qui nécessitent une attention de toute urgence. Au Canada, la région arctique est ainsi particulièrement vulnérable face au changement climatique. Ses infrastructures subissent d'ores et déjà des effets significatifs – liés à la fonte du pergélisol, à la hausse des températures et à l'évolution des précipitations neigeuses et autres précipitations extrêmes – qui appellent un remaniement urgent des pratiques techniques ainsi que la définition de paramètres, codes et normes de conception adaptés au climat.

Examen des risques : apprécier les impacts, la vulnérabilité et les risques

La moitié environ des 34 pays de l'OCDE ont déjà réalisé des évaluations approfondies des impacts, de la vulnérabilité ou des risques à l'échelle nationale, qui presque toujours prennent en compte les impacts sur l'eau. Au Royaume-Uni, l'appréciation des risques liés au changement climatique (*climate change risk assessment* – CCRA) est obligatoire en vertu de la loi de 2008 sur le changement climatique (*Climate Change Act*) (encadré 3.1). La première CCRA a été publiée en janvier 2012. Aux États-Unis, une nouvelle évaluation climatique nationale est en cours et devrait s'achever en 2013[2]. Elle entre dans le cadre de la loi de 1990 relative à la recherche sur le changement climatique mondial (*Global Change Research Act*), qui dispose qu'un rapport est remis au Président et au Congrès tous les quatre ans. Des évaluations sont également en cours dans de nombreux autres pays : Danemark, Estonie, Israël et Pologne, par exemple, mènent actuellement des études d'impact, de vulnérabilité ou de risques au niveau national.

Certains pays ont également mené des évaluations à l'échelon infranational ou adopté des approches sectorielles. En Belgique, des études d'impact, de vulnérabilité et

Encadré 3.1. **Royaume-Uni : l'appréciation des risques liés au changement climatique**

Le Royaume-Uni est le premier pays du monde à avoir intégré dans sa législation une approche du changement climatique fondée sur les risques. Sa loi de 2008 sur le changement climatique dispose qu'une appréciation des risques liés au changement climatique (*Climate Change Risk Assessment* – CCRA) doit être menée tous les cinq ans. La première CCRA a été rendue publique par le gouvernement le 25 janvier 2012.

Face à la forte incertitude qui caractérise l'avenir, cette appréciation permet de trancher sur les réponses à apporter grâce à une utilisation des plus solides données scientifiques disponibles conjuguées à des mécanismes éprouvés de prise de décision fondés sur les risques. Pour élaborer la CCRA, des éléments scientifiques étayant plus de 700 effets potentiels du changement climatique au Royaume-Uni ont été passés en revue. Plus de 100 de ces impacts, répartis sur 11 secteurs-clés, ont été retenus pour leur degré de probabilité, l'ampleur de leurs conséquences potentielles et l'urgence des actions nécessaires, et ont été analysés en profondeur. Les conclusions de la CCRA ont servi à définir les grandes priorités du Royaume-Uni en matière d'adaptation.

Plusieurs des principales conclusions de la CCRA ont trait à l'eau. Le risque d'inondation devrait ainsi s'accroître de façon significative dans tout le pays. Actuellement, les dégâts matériels provoqués par les crues et les raz-de-marée sont estimés à 1.3 milliard GBP par an pour l'ensemble du Royaume-Uni, et à 1.2 milliard GBP par an pour l'Angleterre et le pays de Galles[1]. La nouvelle étude pour l'Angleterre et le pays de Galles revoit à la hausse les fourchettes d'estimations des risques potentiels : entre 1.5 milliard et 3.5 milliards GBP dans les années 2020, entre 1.6 milliard et 6.8 milliards GBP dans les années 2050, et entre 2.1 milliards et 12 milliards GBP dans les années 2080[2].

Autre conclusion importante de la CCRA : les pressions pesant sur les ressources en eau du Royaume-Uni s'accentueront en raison de l'évolution des conditions hydrologiques, de la croissance démographique et des obligations légales de maintien d'un bon état écologique. L'approvisionnement des réseaux publics de distribution d'eau devrait être fortement déficitaire dans cinq bassins hydrographiques : ceux de l'Anglie, de l'Humber, de la Severn, de l'Angleterre du Nord-Ouest et de la Tamise. Le bassin de la Tamise, qui alimente en eau Londres, devrait être en proie au plus fort déficit au vu des projections démographiques. Grâce à l'amélioration programmée de l'efficience d'utilisation de l'eau et aux nouveaux dispositifs de distribution qui vont être créés, les risques devraient être contenus à court terme (années 2020), mais le décalage grandissant entre offre et demande posera de sérieux problèmes à moyen terme (années 2050). C'est en Angleterre et au pays de Galles que les risques potentiels sont les plus élevés, et exposent les populations à une dégradation du service des compagnies des eaux, une augmentation des coûts de l'eau et une détérioration de la qualité environnementale des cours d'eau et des lacs.

Enfin, la CCRA constate que les écosystèmes fragiles déjà menacés par les changements d'occupation des sols pourraient pâtir encore davantage du changement climatique. Les principaux effets directs concernent le bouleversement des cycles de vie et de la distribution des espèces, ainsi que le risque de modifications des conditions hydrologiques pouvant affecter les habitats aquatiques.

1. Soulignons qu'il n'existe d'estimations précises que pour l'Angleterre et le pays de Galles. L'estimation pour le Royaume-Uni dans son ensemble est donc approximative et tient compte du nombre supplémentaire de biens exposés et de la population estimée en Écosse et en Irlande du Nord.

Encadré 3.1. **Royaume-Uni : l'appréciation des risques liés au changement climatique** *(suite)*

2. Ces estimations tablent sur la poursuite des investissements pour entretenir les défenses actuelles contre les inondations, mais n'incluent pas d'autres mesures de maîtrise des risques d'inondation. Les risques d'inondation futurs dépendront de l'emplacement et de la disposition des aménagements de demain, du niveau des investissements supplémentaires (de l'État et des collectivités locales) dans la maîtrise des risques d'inondation, ainsi que des évolutions du cycle hydrologique et de l'ampleur de la hausse du niveau de la mer. Des investissements ciblés pourraient réduire notablement les coûts correspondants. Ces estimations tiennent compte de la croissance démographique.

Source : Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) (2012), *UK Climate Change Risk Assessment: Government Report*, DEFRA, Londres, *www.gov.uk/government/publications/uk-climate-change-risk-assessment-government-report* (consulté le 19 novembre 2012).

d'adaptation ont été financées et pilotées au niveau régional (Wallonie et Flandre). En Espagne, la plupart des communautés autonomes ont développé leurs propres stratégies ou plans d'adaptation et en 2010, le pays a entrepris une analyse des répercussions du changement climatique sur les ressources en eau à l'échelle nationale. L'Autriche a évalué la vulnérabilité de neuf secteurs parmi lesquels l'eau, l'agriculture ainsi que les écosystèmes et la biodiversité. La Slovénie a, quant à elle, mis au point une évaluation préalable des risques d'inondation.

D'autres études ont été menées sous un angle régional ou géographique spécifique. Par exemple, compte tenu de la vulnérabilité des régions alpines face au changement climatique, l'évaluation d'exposition entreprise par le projet européen *Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space* (CLISP) se concentre sur la manière dont il serait possible de réduire cette vulnérabilité grâce à l'aménagement du territoire. Placé sous l'égide de l'agence fédérale autrichienne de l'environnement, le projet rassemble également 14 partenaires issus de quatre autres pays, à savoir l'Italie, l'Allemagne, la Slovénie et la Suisse. Pour sa part, le Luxembourg participe au projet régional FLOW MS, destiné à évaluer les conséquences du changement climatique sur les crues et les étiages des bassins hydrographiques de la Moselle et de la Sarre, dans le but de développer des stratégies d'adaptation.

Amélioration de la base factuelle et consolidation des capacités de recherche

L'amélioration de la base de données scientifiques grâce à la recherche est un domaine auquel la plupart des pays de l'OCDE et la Commission européenne ont consacré d'importants efforts. Dans la zone OCDE, plusieurs programmes de recherche sont en cours sur différentes questions ayant trait à l'eau et au changement climatique. Certains pays y ont affecté des crédits publics importants.

Alors que de nombreux pays s'appuient sur des modélisations mondiales, telles que les modèles climatiques du GIEC, pour établir les scénarios climatiques les concernant, certains pays de l'OCDE ont mis au point leur propre modélisation climatique ajustée à une échelle plus petite afin d'améliorer la résolution spatiale des prévisions concernant les impacts sur les hydrosystèmes. En France, l'avenir du climat est simulé par les modèles climatiques régionaux français développés par le Centre National de Recherches Météorologiques et l'Institut Pierre-Simon Laplace. La climatologie est également une science que l'on cherche à approfondir au niveau régional. Dans ses sixième et septième programmes-cadres, la Commission européenne a alloué des fonds significatifs à l'étude et à la modélisation des systèmes climatiques (encadré 3.2).

Encadré 3.2. **Évaluer la vulnérabilité et la capacité d'adaptation des bassins hydrographiques d'Europe**

Une évaluation intégrée de la vulnérabilité des bassins hydrographiques d'Europe face au changement climatique ainsi que l'élaboration de mesures d'adaptation pour le secteur de l'eau sont en cours. Le projet ClimWatAdapt (*Climate Adaptation – Modelling Water Scenarios and Sectoral Impacts*) vise à mettre en évidence à la fois la vulnérabilité et la capacité d'adaptation des bassins hydrographiques d'Europe en s'intéressant à différents secteurs. L'objectif est de renforcer les connaissances pour de meilleures mesures d'adaptation, et de faciliter les échanges de bonnes pratiques entre les pays et les régions par la mise en place d'un cadre intégré pour l'évaluation. Ce cadre permettra de repérer les régions européennes potentiellement vulnérables ainsi que les mesures d'adaptation qui pourraient faire l'objet d'une promotion à l'échelle européenne. Il comprendra i) des scénarios relatifs au changement climatique et aux évolutions socio-économiques, ii) des indicateurs de vulnérabilité, iii) un inventaire des mesures, iv) des instruments et des méthodes pour apprécier l'efficacité des possibilités d'adaptation, et v) un outil d'aide à la prise de décision. Il couvrira les 27 États membres de l'UE.

Source : ClimWatAdapt (2012), « Climate Adaptation – Modelling Water Scenarios and Sectoral Impacts », *www.climwatadapt.eu* (consulté le 5 novembre 2012).

Au Royaume-Uni, les dernières projections climatiques en date reposent sur des probabilités, ce qui permet d'y intégrer un certain degré d'incertitude. Fruit des avancées significatives réalisées en climatologie et en modélisation informatique, ces projections, connues sous le nom de « UKCP09 », constituent la cinquième génération de données sur le changement climatique au Royaume-Uni. Elles donnent à voir l'éventail des climats futurs possibles ainsi que leurs probabilités respectives. Ces probabilités sont calculées grâce à une pondération des différentes projections climatiques selon leur cohérence avec l'historique du climat. On peut donc considérer qu'elles mesurent jusqu'à quel point chaque scénario climatique est étayé par les données disponibles.

Pour développer la base factuelle sur les incidences du changement climatique sur l'eau, certains pays ont choisi de mener des recherches sur l'eau dans le cadre de travaux plus vastes sur le changement climatique, tandis que d'autres ont intégré un volet sur l'adaptation au changement climatique dans leurs recherches générales sur l'eau. Il existe également de nombreux exemples de programmes de recherche consacrés spécifiquement à l'adaptation au changement climatique et à l'eau. Ainsi, en Australie, le réseau *Water Resources and Freshwater Biodiversity Network*, sous l'égide du *National Climate Change Adaptation Research Facility* (NCCARF), rassemble les plus éminents scientifiques spécialistes de l'eau afin de mieux cerner les risques que fait peser le changement climatique sur les ressources en eau superficielles et souterraines et sur la biodiversité des écosystèmes dulçaquicoles du pays.

En outre, certains programmes de recherche se penchent plus précisément sur les principales vulnérabilités en rapport avec l'eau. Ainsi, le retrait des glaciers induit par la modification du climat aura de sérieuses conséquences pour l'approvisionnement en eau au Chili. Dans ce pays, les glaciers sont des réserves d'eau stratégiques qui non seulement alimentent les bassins hydrographiques en été mais constituent également la source principale de remplissage des cours d'eau, des lacs et des nappes souterraines dans les régions arides pendant les périodes de sécheresse. En 2008, une unité « glaciologie et

neige » a été créée au sein de la direction générale de l'eau du ministère des Travaux publics pour se pencher sur le problème. Elle établira et déploiera un programme national de glaciologie afin de dresser l'inventaire des glaciers du Chili, de les étudier et d'en effectuer le suivi.

Encadré 3.3. **Quel bilan hydrique pour la France en 2070 et quelles stratégies d'adaptation possibles**

Afin de disposer d'une vision systémique des impacts du changement climatique liés aux évolutions du cycle de l'eau en France à l'horizon 2070 et d'étayer l'élaboration des stratégies d'adaptation, le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) a récemment initié une étude sur deux ans qui mobilise une centaine d'experts. Baptisée Explore 2070, cette étude a pour objectif d'anticiper les principales difficultés qui se poseront pour le cycle de l'eau, de hiérarchiser les risques et de retenir des mesures d'adaptation pour s'en prémunir. Les responsables publics nationaux et régionaux pourront s'appuyer sur ses résultats pour prendre des décisions. L'étude constituera également une référence pour la communauté scientifique ainsi qu'une source d'information et de sensibilisation pour le grand public. Plusieurs questions liées à l'eau y sont abordées : disponibilité et besoins de la ressource en eau, préservation des écosystèmes aquatiques, protection des zones littorales, risques générés par les aléas climatiques, gestion intégrée de l'eau, adaptation des secteurs économiques dont l'activité est liée à l'eau.

Original par son approche intégrée, le projet Explore 2070 réunit des experts issu d'horizons différents – MEDDE, Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) et agences de l'eau – dans le but d'établir des scénarios climatiques et d'évaluer différentes hypothèses d'adaptation. Tout d'abord, un scénario de référence permettant de comparer la situation attendue en 2070 à la situation actuelle (en l'occurrence 2006) a été défini. Trois stratégies d'adaptation possibles ont ensuite été évaluées à l'aune de ce scénario de référence, afin de déterminer jusqu'à quel point différentes panoplies de mesures d'adaptation pouvaient compenser les effets négatifs du changement climatique sur le bilan hydrique. Les résultats comparent les taux de non-satisfaction de la demande en 2006, en 2070 selon le scénario de référence et toujours en 2070 selon chacune des trois stratégies d'adaptation proposées. Les projections ont été modélisées pour une année normale et une année sèche (survenant tous les cinq ans). En ce qui concerne la demande non satisfaite, les valeurs projetées ont été calculées pour chaque groupe principal d'utilisateurs d'eau, à savoir les ménages, les écosystèmes, l'industrie, l'énergie et l'agriculture. La localisation géographique et la gravité des déficits en eau anticipés ont été cartographiées.

Pour faciliter l'interprétation des résultats, les principales incertitudes ont été caractérisées. Ces incertitudes proviennent d'une insuffisance des connaissances et des données sur plusieurs paramètres, notamment l'interaction entre les eaux de surface et les aquifères, l'affectation des sols et les effets de la végétation, le fonctionnement des infrastructures hydrauliques (barrages, réservoirs, par exemple), les transferts d'eau interbassins et la qualité des eaux superficielles et souterraines. L'impact potentiel de ces incertitudes sur les résultats des modélisations et le niveau de confiance ont été également estimés.

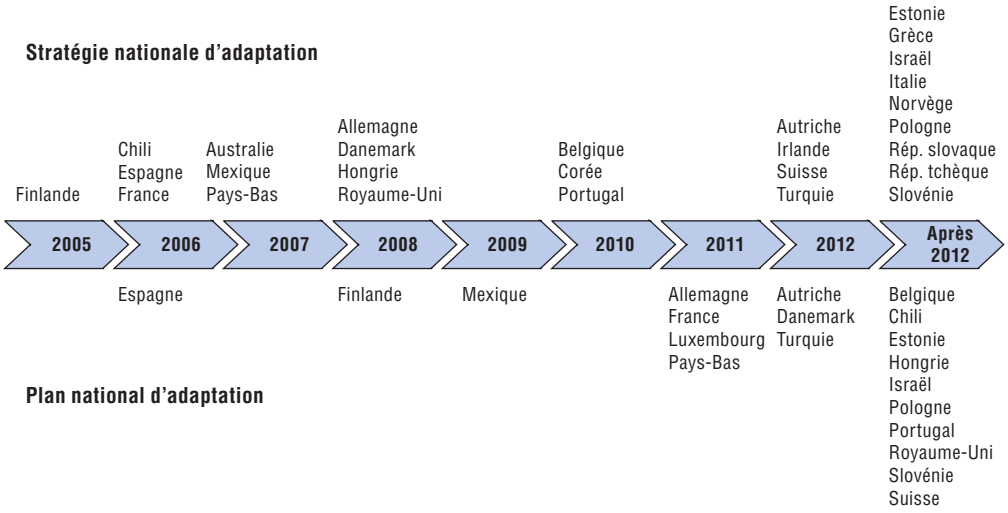
Source : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) (2011), *Eau et changement climatique : quelles stratégies d'adaptation possibles*, MEDDE, Paris.

De nombreux pays ont investi des moyens importants pour mieux comprendre l'adaptation au changement climatique. Par exemple, entre 2007 et 2011, le gouvernement du Canada a consacré 85.9 millions CAN au renforcement des capacités d'adaptation. Pour la période 2012-17, des crédits supplémentaires de 148.8 millions CAN ont été programmés dans le même domaine. L'Australie, quant à elle, a alloué 44 millions AUD à la mise en place du programme de recherche *Climate Adaptation National Research Flagship* sous l'égide de la *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO), et le *National Climate Change Adaptation Research Facility* (NCCARF) a attribué 10 millions AUD sur cinq ans à ses huit réseaux de recherche sur l'adaptation (*Adaptation Research Networks*). Dans la région de la mer du Nord, le projet transnational CLIWAT étudie les effets du changement climatique sur les eaux souterraines, et par ricochet sur les eaux de surface et l'approvisionnement en eau. Ce projet dispose d'une enveloppe de 5.5 millions EUR, dont la moitié est financée par le Fonds européen de développement régional (FEDER). Ses résultats viendront éclairer la conception de mesures d'adaptation et de nouvelles normes.

Cadres d'action pour la définition du cap stratégique

Ces dernières années, les pays de l'OCDE et la Commission européenne ont réalisé d'importantes avancées dans l'élaboration de politiques en faveur de l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique. Dix-neuf pays de l'OCDE (un peu plus de la moitié) ont déjà développé une stratégie nationale d'adaptation, et huit autres sont en train de le faire. Parmi les pays déjà dotés d'une telle stratégie, neuf ont élaboré un plan national d'adaptation (plus le Luxembourg, qui ne possède pas de telle stratégie) et dix autres s'y sont attelés (voir la chronologie dans le graphique 3.2).

Graphique 3.2. **Chronologie des stratégies et plans nationaux d'adaptation dans les pays de l'OCDE**



Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

Dans toutes ces stratégies et plans, l'eau est pratiquement toujours un domaine prioritaire ou d'intervention. Parallèlement, l'adaptation au changement climatique est intégrée dans les politiques de l'eau existantes. Dans un certain nombre de pays, ce sont des problèmes liés à l'eau, tels que plusieurs sécheresses consécutives et des inondations

plus fréquentes et plus sévères, qui ont en grande partie motivé l'action des pouvoirs publics en faveur de l'adaptation au changement climatique. Ainsi, après avoir connu cinq années consécutives de sécheresse qui ont notablement réduit ses réserves d'eau douce, Israël a décidé d'intégrer la question du changement climatique à son programme stratégique en matière d'eau.

L'eau, secteur prioritaire des politiques d'adaptation

Depuis 2005, date à laquelle la Finlande a présenté sa stratégie nationale d'adaptation, l'élaboration de stratégies et de plans d'adaptation a progressé rapidement dans les pays de l'OCDE. Des avancées significatives ont été accomplies, et un certain nombre de projets sont actuellement en cours. Par exemple, la Pologne est en train d'élaborer une stratégie nationale d'adaptation au changement climatique qui devrait être dévoilée fin 2013. En Estonie, la stratégie nationale en cours d'élaboration sera normalement présentée fin 2016. Quant au Chili, c'est en 2015 que sa stratégie d'adaptation pour les ressources en eau devrait être finalisée.

Autre exemple : la Turquie s'est lancée dans une planification nationale ambitieuse de son adaptation en définissant une stratégie et des plans d'action détaillés dont les thèmes prioritaires sont la gestion de la ressource en eau, la gestion des risques de catastrophe naturelle et les services écosystémiques. Sa Stratégie et son Plan d'action nationaux d'adaptation au changement climatique présentés en 2012 prévoient notamment les mesures suivantes : l'intégration dans les programmes et plans de développement de mesures visant à faire face à l'impact du changement climatique sur les ressources en eau, le lancement d'études hydrologiques sur les sécheresses afin de mieux étayer la gestion des ressources et l'élaboration de plans de gestion intégrée des bassins hydrographiques prenant expressément en compte les effets du changement climatique.

En accord avec son approche qui fait de l'adaptation au changement climatique une priorité, l'Espagne a été le premier pays à mettre au point à la fois une stratégie et un plan d'adaptation nationaux. C'est en 2006 qu'a été adopté le plan national d'adaptation qui sert de cadre transversal à l'action publique en la matière. Les premier et deuxième programmes d'activités du plan, adoptés respectivement en 2006 et 2009, prévoient l'analyse des effets du changement climatique et des vulnérabilités et définissent des modes d'action en matière d'adaptation. La ressource en eau est à la fois un domaine prioritaire et un thème transversal (CLIMATE-ADAPT, 2012).

La France a elle aussi établi un plan national d'adaptation global qui place les ressources en eau et les catastrophes naturelles au rang des priorités. Ce plan, lancé en 2011, fait suite à la loi Grenelle de 2009. Pour le développer, le ministère de l'Écologie a mandaté un groupe de consultation nationale composé de diverses parties prenantes. De cette démarche, ainsi que des consultations locales, 211 recommandations sont ressorties, qui se sont traduites par 230 mesures concrètes à prendre. Pour faire face à l'incertitude, ce plan donne la priorité aux actions « à faible regret » et aux mesures d'amélioration des connaissances. Il couvre une période de cinq années (de 2011 à 2015), à l'issue de laquelle il sera réexaminé et révisé. L'approche intégrée a été privilégiée, de manière à faciliter la mise en œuvre. Les mesures clé d'adaptation dans le domaine de l'eau concernent notamment l'amélioration de la compréhension des effets du changement climatique sur les ressources en eau et des scénarios d'adaptation possibles, le développement des économies d'eau et l'amélioration de l'efficience d'utilisation de l'eau, et enfin la prise en compte renforcée du changement climatique dans la planification et la gestion de l'eau.

De nombreux pays fédéraux, dont le Canada, la Belgique et la Nouvelle-Zélande, ont adopté une démarche décentralisée. Au Canada, le *Cadre stratégique fédéral sur l'adaptation* fixe le rôle de l'État fédéral : faciliter les mesures d'adaptation prises par les gouvernements infranationaux et le secteur privé, et intégrer l'adaptation aux mesures et à la planification fédérales. Pour remplir son rôle de facilitation, le gouvernement fédéral produit et partage des connaissances, renforce les capacités d'adaptation et aide les individus et les entreprises à s'adapter aux changements climatiques en leur fournissant des outils d'appui à la prise de décision. Les autorités provinciales du Canada se sont employées à élaborer des stratégies et des plans d'adaptation. Par exemple, le gouvernement de l'Ontario a mis au point, en 2011, une stratégie d'adaptation et un plan d'action à l'échelle de la province (*Climate Ready: Ontario's Adaptation Strategy and Action Plan*). Les dix provinces et les trois territoires du Canada prennent en compte, dans leur cadre d'action, la question de l'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau. La majeure partie des administrations infranationales disposent d'une stratégie et/ou d'un plan d'adaptation, et les autres ont intégré cette question à leur stratégie et/ou plan dans le domaine de l'eau.

Intégration de l'adaptation dans les politiques de l'eau

Il est largement admis que, généralement, une bonne gestion de l'eau constitue déjà un grand pas vers une meilleure résilience aux impacts du changement climatique. Une bonne politique de l'eau peut alléger les pressions de base qui pèsent sur les hydrosystèmes et améliorer l'adaptation à la variabilité actuelle du climat, renforçant ainsi la résilience aux changements à venir. Dans la pratique, ce qui est considéré, ou étiqueté, comme de « l'adaptation » au changement climatique varie selon les pays. Les politiques de l'eau existantes sont en train d'être ajustées pour prendre en compte expressément le changement climatique. Entrepris dans une optique pragmatique, l'examen des activités des pays a porté aussi sur les politiques de l'eau et les réformes récentes qui, d'après les documents d'orientation nationaux, ont pour effet de faciliter l'adaptation au changement climatique, même si, dans de nombreux cas, cette adaptation n'a pas été la principale raison de leur adoption.

Parmi les exemples d'intégration de l'adaptation au changement climatique dans les politiques de l'eau, citons notamment le document d'orientation de l'UE en la matière, produit en 2009, et destiné à garantir que les plans de gestion des bassins versants sont à l'épreuve du changement climatique. En Grèce, les stratégies de gestion des pénuries d'eau et des sècheresses visent à gérer plus efficacement que par le passé la répartition géographique et saisonnière inégale des ressources en eau afin de préparer le pays à des périodes de sécheresse prolongées. En France, la loi de 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) fait expressément de l'adaptation au changement climatique une partie intégrante de la gestion des ressources en eau. Quant au gouvernement australien, il a récemment entrepris une évaluation complète des interactions entre politiques de l'eau et politiques d'adaptation au changement climatique (encadré 3.4).

Aux États-Unis, l'Agence pour la protection de l'environnement (EPA) étudie activement les implications du changement climatique dans le contexte de ses programmes sur l'eau. Si l'EPA admet que le changement climatique relève d'un cran l'importance de nombre d'actions déjà en cours dans le cadre du programme national pour l'eau (*National Water Programme*), elle conclut qu'il pose des problèmes tels pour les ressources en eau du pays qu'il sera nécessaire de procéder à de véritables transformations.

Encadré 3.4. **Étude des liens entre politiques de l'eau et politiques d'adaptation au changement climatique en Australie**

En Australie, la gestion de l'eau et le changement climatique figurent parmi les principaux problèmes d'orientation de l'action, le second venant compliquer la première. En 2011, dans son évaluation bisannuelle des avancées réalisées au titre de l'initiative nationale pour l'eau (*National Water Initiative*), la commission nationale de l'eau (National Water Commission) a souligné que les politiques et les décisions d'investissement concernant le changement climatique et l'eau étaient par nature imbriquées et que toute décision prise dans l'un des domaines pouvait se répercuter fortement sur l'autre.

Une analyse complète des interactions entre politiques d'adaptation au changement climatique et politiques de l'eau a été entreprise pour sept secteurs clés fournisseurs d'eau, consommateurs d'eau ou affectant d'une autre façon la politique de l'eau (approvisionnement urbain, approvisionnement rural, environnement, agriculture, production d'électricité, foresterie et exploitation minière). Les résultats ont été présentés dans le récent rapport *Water Policy and Climate Change in Australia (2012)*. L'une des principales conclusions est que bon nombre des outils de politique de l'eau existants constituent déjà en eux-mêmes des mesures d'adaptation, ou à tout le moins des facteurs qui influencent ces mesures. Si certaines d'entre elles présentent moins de synergies avec les politiques d'adaptation, les politiques de l'eau actuelles comportent néanmoins de nombreuses facettes (tels que les droits d'utilisation de l'eau, le recours aux mécanismes fondés sur le jeu du marché pour rendre disponible l'eau non attribuée, l'utilisation des marchés de l'eau pour la réaffectation de l'eau à des usages différents) qui offrent une base solide pour la gestion des incidences potentielles du changement climatique sur les hydrosystèmes.

Source : The National Water Commission (2012), *Water Policy and Climate Change in Australia*, NWC, Canberra, *http://archive.nwc.gov.au/library/topic/markets/water-policy-and-climate-change-in-australia* (consulté le 18 novembre 2012) ; The National Water Commission (2011), *The National Water Initiative: Securing Australia's Water Future: 2011 Biennial Assessment*, NWC, Canberra, *http://nwc.gov.au/publications/topic/assessments/ba-2011* (consulté le 18 novembre 2012).

Par conséquent, l'EPA envisage de revoir les modes de collecte des données, les méthodes d'analyse et les pratiques réglementaires mis en place au fil des 40 dernières années, depuis l'entrée en vigueur des lois sur la propreté de l'eau et sur la sécurité de l'eau potable (*Clean Water Act* et *Safe Drinking Water Act*).

Des instruments d'action pour « connaître », « cibler » et « gérer » les risques liés à l'eau

Les instruments réglementaires, économiques et fondés sur l'information ont tous un rôle à jouer pour réussir en temps utile une adaptation efficace et efficiente des hydrosystèmes. Le tableau 3.2 donne des exemples de ces trois types d'instruments utilisés dans les politiques de l'eau. Cette section présente un tour d'horizon des mesures facilitant l'adaptation des hydrosystèmes (en vigueur ou à l'étude) qui ont été citées par les pays dans l'enquête menée par l'OCDE. Les décomptes des pays recourant à des mesures réglementaires et des instruments économiques n'incluent pas le Canada, qui a adopté une approche décentralisée[3].

Tableau 3.2. **Exemples d'instruments employés dans la politique de l'eau**

Instruments réglementaires (prescriptifs)	Instruments économiques	Instruments fondés sur l'information et autres
Normes de qualité de l'eau (eau de boisson, qualité ambiante, eaux à usage récréatif, rejets industriels, par exemple)	Redevances (de prélèvement ou de pollution, par exemple), tarification (des services de l'eau, par exemple), paiement des services de bassin	Comptage de la consommation d'eau, éco-étiquetage et certification (agriculture, appareils ménagers économes en eau, par exemple)
Normes de performances	Réforme des subventions dommageables pour l'environnement (soutien agricole lié à la production, subventions énergétiques pour le pompage de l'eau, par exemple)	Accords volontaires sur le rendement d'utilisation de l'eau entre les entreprises et les pouvoirs publics
Encadrement ou interdiction de certaines activités ayant un impact sur les ressources en eau (activités polluantes dans un bassin versant, interdiction des détergents phosphatés, par exemple)	Subventions (investissements publics dans les infrastructures, tarification sociale de l'eau, par exemple)	Mesures de sensibilisation/formation en faveur de pratiques agricoles écologiques ou de technologies d'irrigation améliorées
Autorisations de prélèvement et de rejet, droits d'usage de l'eau	Quotas et droits d'utilisation de l'eau négociables	Initiatives partenariales et accords de coopération visant à améliorer les réseaux d'eau, par exemple entre agriculteurs et compagnies des eaux
Règlements d'occupation des sols et zonage (obligation d'établir des zones tampons pour l'emploi de pesticides, par exemple)	Mécanismes d'assurance	Outils de planification (plans de gestion intégrée des bassins hydrographiques, par exemple), analyse coûts-avantages des politiques de gestion de l'eau

Source : OCDE (2012), *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050, Les conséquences de l'inaction*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/19991568*.

Instruments réglementaires

L'enquête de l'OCDE révèle qu'au moins 26 pays, ainsi que la Commission européenne, ont adopté des instruments réglementaires dans le cadre de leur politique d'adaptation des hydrosystèmes. Ces instruments visent principalement à faire face aux problèmes quantitatifs en matière d'eau et aux phénomènes météorologiques extrêmes, mais servent aussi, dans une moindre mesure, à gérer la qualité de l'eau et les services d'approvisionnement et d'assainissement. Les mesures correspondantes sont notamment les réformes de la législation, de la réglementation et des plans en vigueur ainsi que la mise à jour des normes afin d'y intégrer de façon explicite la prise en compte des impacts du changement climatique. Ainsi, la Finlande, l'Allemagne et la Suisse figurent parmi les pays qui sont actuellement en train de revoir leur législation en ce sens. La Slovaquie, quant à elle, procède à une nouvelle évaluation de ses réserves souterraines d'eau utilisables en prenant en compte les incidences du changement climatique, tandis que la Turquie redouble d'efforts pour prévenir l'utilisation illégale des ressources souterraines. Le tableau 3.3 donne d'autres exemples.

Dans certains cas, de nouvelles mesures ont été élaborées en réponse à des inquiétudes en rapport avec le changement climatique. Ainsi, en mai 2012, le parlement danois a voté une loi conférant aux communes les moyens juridiques d'intégrer directement l'adaptation dans leurs plans locaux d'urbanisme. Cette nouvelle loi permet aux communes de déclarer certaines zones inconstructibles en invoquant la seule raison de l'adaptation au changement climatique.

Vingt et un pays de l'OCDE, ainsi que la Commission européenne, déclarent utiliser des instruments réglementaires pour faciliter l'adaptation aux phénomènes météorologiques extrêmes. La plupart des approches réglementaires citées dans ce domaine visent à réduire les risques d'inondation via la législation et la réglementation relatives à l'occupation des sols, ainsi qu'au travers des normes et règlements de

Tableau 3.3. **Exemples de mesures réglementaires traitant des problèmes quantitatifs en matière d'eau**

Australie	• Le plan de gestion du bassin Murray-Darling fixe des limites réglementaires à la consommation d'eau qui correspondent à un niveau d'utilisation écologiquement viable.
Belgique	• L'instrument « Watertoets » (Flandre) exige que les projets de construction soient examinés minutieusement pour en déceler les impacts potentiels pour l'eau, en particulier dans les zones inondables et près des sites de captage d'eau potable.
Espagne	• Obligation réglementaire d'évaluer les impacts du changement climatique dans les plans sur l'eau et l'inventaire des ressources en eau.
Finlande	• Réexamen des autorisations existantes pour chaque site de captage, afin de déterminer dans quelle mesure ils permettent de tenir compte des incidences du changement climatique sur la situation de la ressource en eau.
France	• Nouvelle procédure de calcul des volumes maximums prélevables pour assurer que la consommation est compatible avec les ressources en eau des sous-bassins.
République slovaque	• Réévaluation des réserves d'eau souterraines utilisables pour atteindre un bon état écologique malgré les conséquences du changement climatique.
Royaume-Uni	• Obligation réglementaire faite aux compagnies des eaux d'élaborer des plans de gestion des ressources en eau sur 25 ans et de les tenir à jour.
Suisse	• Réforme de la législation en vigueur relative aux étiages minimums et à la gestion des lacs.
Turquie	• Prévention de l'utilisation illicite des ressources en eau souterraines.
Commission européenne	• Directive-cadre sur l'eau (DCE), établissant les quantités d'eau souterraines et les débits de surface nécessaires pour assurer un bon état écologique.

Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

construction. Par exemple, l'Allemagne cite le risque d'inondation comme l'une de ses principales vulnérabilités. La législation allemande sur l'aménagement de l'espace est en cours de révision afin de mieux répondre à l'accroissement des risques et de faire du respect du climat un principe de base du processus d'urbanisation.

Un autre exemple est le programme néerlandais *Room for the River* approuvé en 2007. Il est né du constat que les crues des affluents du Rhin seront plus fréquentes dans les prochaines décennies sous l'effet du changement climatique. Son but est de faire en sorte que le débit exceptionnel des cours d'eau puisse être évacué sans causer d'inondations, en laissant libre en permanence l'espace supplémentaire nécessaire lors des crues. Le programme comporte 39 mesures qui bénéficieront d'une enveloppe de 2.1 milliards EUR sur la période 2008-20. Plusieurs autres exemples sont présentés dans le tableau 3.4.

Des mesures réglementaires ont également été citées parmi les instruments consacrés aux problèmes de qualité de l'eau (par 14 pays et la Commission européenne) ainsi qu'à l'approvisionnement et à l'assainissement (13 pays et la CE). Une grande partie des mesures mentionnées concernent des règlements en vigueur relatifs à la qualité de l'eau potable, au traitement des eaux usées et à l'analyse de la qualité de l'eau. Par exemple, certains pays ont réévalué la législation en vigueur sur l'évacuation des eaux d'égout à la lumière du changement climatique, dans le but d'éviter une détérioration supplémentaire de la qualité des eaux de surface.

Dix pays ainsi que la Commission européenne déclarent utiliser des instruments réglementaires pour l'adaptation des écosystèmes : législation de protection des écosystèmes, normes de qualité environnementale pour la protection des systèmes d'eau douce, mesures destinées à garantir un niveau minimal des eaux souterraines, débits minimums contribuant à préserver le bon état écologique des masses d'eau, etc.

Tableau 3.4. **Exemples de mesures réglementaires portant sur les phénomènes météorologiques extrêmes**

Allemagne	• Réforme de la législation sur l'aménagement du territoire afin de faire de la prise en compte du climat (protection du climat et adaptation au changement climatique) un principe de base du processus d'urbanisation.
Belgique	• Le plan de prévention des inondations à Bruxelles (Plan Pluie) promeut des mesures préventives visant à faire en sorte que le bâti soit mieux adapté à une hausse des précipitations. Le plan équivalent de la Wallonie, le Plan PLUIES, a pour but d'améliorer les connaissances sur les risques d'inondations, de réduire et de ralentir le ruissellement, d'améliorer la gestion des cours d'eau et de réduire la vulnérabilité des zones inondables.
Espagne	• Révision de la règlementation de base régissant les constructions et la conception des bâtiments, et réforme de l'aménagement du territoire et de la planification de l'occupation des sols pour prendre en compte le risque climatique accru.
France	• Le Plan Submersions Rapides, de portée nationale, vise à assurer la sécurité des personnes dans les zones exposées aux phénomènes brutaux de submersions. • Les effets du changement climatique sur les aléas naturels sont intégrés aux décisions d'urbanisation.
Japon	• Règlementation et orientations relatives à l'aménagement du territoire dans les zones menacées par les catastrophes naturelles, et harmonisation des mesures de maîtrise des inondations.
Pays-Bas	• Plan *Room for the River* : 39 mesures pour que les débits plus importants des cours d'eau qui sont prévus puissent s'écouler sans causer d'inondations. • Le projet Meuse renforce la protection contre les inondations en rehaussant le débit de pointe que peut supporter la Meuse grâce à des passerelles entre aménagement du territoire et aménagement hydraulique. • Encouragement de la création de « tampons climatiques » pour réduire le risque d'inondation grâce à une rétention temporaire.
République slovaque	• Redynamisation du paysage et programme de gestion intégrée des bassins versants axé sur la prévention et la protection contre les inondations.
République tchèque	• Les programmes I et II de prévention des inondations sont composés de mesures visant à améliorer la protection contre les inondations des zones les plus menacées.
Royaume-Uni	• Loi sur les inondations et la gestion de l'eau pour promouvoir une gestion plus efficace et plus complète des risques d'inondation.
Suède	• Modification de la loi sur l'aménagement du territoire et la construction, précisant que les bâtiments ne peuvent être érigés qu'à certains emplacements adaptés et que les plans communaux doivent prendre en compte les risques d'inondation et d'érosion.
Turquie	• Élaboration et mise en application d'une législation sur les effets structurels des catastrophes naturelles causées par le changement climatique.
Commission européenne	• La Directive Inondation exige que les risques d'inondation soient cartographiés d'ici à 2013 pour les basins versants ainsi que pour les littoraux associés, exposés aux inondations. • La mise en place de Plans de gestion des risques d'inondations est exigée d'ici à 2015.

Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

Instruments économiques

Les instruments économiques font appel aux signaux du marché plutôt qu'à des mesures réglementaires (prescriptives) pour faire évoluer les comportements. En matière d'adaptation, ils peuvent permettre de réduire la pression de base qui pèse sur les hydrosystèmes en favorisant une utilisation et une répartition plus efficientes des ressources, et offrir un outil flexible capable de s'adapter à l'évolution de la situation. Les instruments économiques permettent en outre une décentralisation de la prise de décision en matière d'utilisation de l'eau au niveau de l'utilisateur, à l'inverse des approches réglementaires de l'allocation de l'eau qui impliquent en général que tous les utilisateurs (ou certaines catégories d'utilisateurs) soient traités de la même façon, ce qui a parfois pour effet d'atténuer les incitations en faveur d'une amélioration des pratiques de consommation d'eau auprès des utilisateurs inefficients. Par rapport aux approches règlementaires et fondées sur l'information, les instruments économiques sont sous-utilisés par les pays de l'OCDE pour adapter leurs hydrosystèmes. Le tableau 3.5 synthétise l'utilisation d'instruments règlementaires et/ou économiques par les pays de l'OCDE pour différentes facettes de l'adaptation de leurs hydrosystèmes.

D'après l'enquête de l'OCDE, neuf pays, ainsi que la Commission européenne, utilisent des instruments économiques face aux problèmes de quantité d'eau, tandis que treize, ainsi que la CE, s'en servent également pour répondre aux phénomènes météorologiques extrêmes, en particulier les inondations. En ce qui concerne les problèmes quantitatifs, les pays ont notamment recours à la tarification de l'eau, aux redevances de prélèvement, aux taxes liées à l'eau (voir l'exemple présenté dans l'encadré 3.5) et aux échanges de droits sur l'eau dans le cadre de leurs efforts d'adaptation. La tarification et les échanges de droits sont abordés plus en détail au chapitre 4. Le tableau 3.6 donne quelques exemples d'instruments économiques utilisés pour répondre aux problèmes quantitatifs.

Tableau 3.5. **Recours aux instruments réglementaires et économiques pour l'adaptation des hydrosystèmes**

	Instruments réglementaires					Instruments économiques				
	QN	QL	AA	EX	ECO	QN	QL	AA	EX	ECO
Allemagne	●	●	●	●		●	●	●		
Australie	●				●	●			●	●
Autriche										
Belgique	●	●	●	●		●		●	●	
Canada	Approche décentralisée					Approche décentralisée				
Chili	●	●	●		●					●
Corée	●	●	●						●	
Danemark			●	●						
Espagne	●			●					●	
Estonie	●	●	●	●	●	●	●	●		●
Etats-Unis		●	●	●					●	
Finlande	●	●	●	●					●	
France	●	●	●	●	●	●		●	●	●
Grèce				●				●		
Hongrie										
Irlande										
Islande										
Israël								●		
Italie				●						
Japon				●						
Luxembourg	●		●							
Mexique	●			●					●	
Nouvelle-Zélande	●	●	●	●						
Norvège	●	●		●	●					
Pays-Bas				●					●	
Pologne		●		●	●					
Portugal										
République slovaque	●			●						
République tchèque	●	●	●	●	●	●			●	
Royaume-Uni	●		●	●		●			●	
Slovénie						●	●	●		
Suède				●	●					
Suisse	●	●			●				●	
Turquie	●	●		●	●	●	●	●	●	
Commission européenne	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Note : QN = quantité, QL = qualité, AA = approvisionnement en eau et assainissement, EX = phénomènes extrêmes, ECO = écosystèmes.
Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

Quelques pays ainsi que la Commission européenne citent la tarification de l'eau et les taxes liées à l'eau parmi leurs mesures d'adaptation. En Israël, face aux problèmes de pénurie, les tarifs de l'eau à usage domestique ont été relevés de 40 % en 2010 afin de promouvoir une utilisation plus efficiente. La directive cadre sur l'eau (DCE) de l'UE exige que le prix facturé aux utilisateurs soit suffisant pour couvrir les coûts, y compris en matière d'environnement et de ressources, ce qui sous-entend de tenir compte de leur vulnérabilité face aux pénuries d'eau et aux sécheresses. La Slovénie déclare également avoir recours à des mesures de tarification de l'eau pour répondre à une consommation excessive d'eau potable et favoriser une utilisation durable et rationnelle de la ressource. La Turquie déploie elle aussi des efforts pour mettre en évidence les instruments économiques qui lui permettront de parvenir à une utilisation plus efficiente de l'eau.

Encadré 3.5. **France : la taxe pour la gestion des eaux pluviales urbaines**

La France a introduit, par l'intermédiaire de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA), une taxe pour la gestion des eaux pluviales urbaines afin d'améliorer cette gestion. Les communes ont le choix de mettre en place ou non cet outil.

En France, la gestion des eaux pluviales urbaines (à savoir la collecte, le transport, le stockage et le traitement) relève des communes. De plus en plus de communes sont confrontées à un ruissellement croissant des eaux pluviales qui surcharge leurs systèmes actuels de traitement des eaux.

Cette nouvelle taxe, qui vise à promouvoir une gestion durable des eaux de pluie, à maîtriser la pollution et à prévenir les risques d'inondation, contribuera également au financement de la gestion des eaux pluviales urbaines. La taxe est due par les propriétaires publics ou privés des terrains et des voiries situés dans une zone urbaine ou à urbaniser, et elle est assise sur la superficie de terrain imperméabilisé (elle concernera les surfaces d'un minimum de 600 m^2, et sera plafonnée à 1 EUR/m^2). Toutefois, les propriétaires prévoyant de créer ou d'améliorer des dispositifs qui évitent ou limitent le ruissellement des eaux pluviales bénéficient d'un abattement compris entre 20 % et 100 %. Le produit de la taxe est affecté exclusivement à la gestion des eaux pluviales urbaines, qui comprend notamment la création, l'exploitation, le renouvellement, l'extension et l'entretien des installations.

La communauté d'agglomération du Douaisis a été la première collectivité à percevoir cette nouvelle taxe, à compter de l'année 2012.

Source : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2006), *Taxe pour la gestion des eaux pluviales urbaines*, Fiche n° 3, MEDDE, Paris.

Les échanges de droits sur l'eau sont également considérés comme un moyen de favoriser l'adaptation à l'évolution de la disponibilité et de la demande en eau. Le Royaume-Uni prévoit d'encourager les échanges d'autorisations de prélèvement et d'eau en gros pour accroître la flexibilité du système d'approvisionnement en eau. En Australie, les échanges de droits sur l'eau sont utilisés pour favoriser un transfert des ressources peu abondantes vers leur utilisation la plus productive. Ce type d'échange permet une redistribution de l'accès aux ressources en eau dans le temps en fonction de l'évolution des prix, de l'état de l'environnement, de la taille des villes et de la disponibilité de l'eau. En Australie, ces échanges permettent le transfert de droits d'accès à l'eau (permanents) et de quotas d'eau saisonniers (temporaires) entre différents acteurs. Pour améliorer l'efficience

Tableau 3.6. **Exemples d'instruments économiques d'adaptation à l'évolution quantitative des ressources en eau**

Australie	• Échanges de droits sur l'eau pour permettre un transfert des ressources en eau peu abondantes vers leur utilisation la plus productive, et pour apporter une réponse dynamique à la fluctuation de la disponibilité et de la demande en eau.
Belgique	• Flandre : redevance pour prélèvement d'eau souterraine
France	• Actualisation régulière du taux des taxes environnementales dans le cadre des programmes d'intervention des agences de l'eau.
Royaume-Uni	• Encouragement des échanges d'autorisations de prélèvement et d'eau en gros pour accroître la flexibilité du système d'approvisionnement en eau.
Slovénie	• Droits d'utilisation de l'eau payants.
Turquie	• Liste des instruments économiques assurant une utilisation efficiente de l'eau.
Commission européenne	• La DCE exige que le prix facturé aux utilisateurs soit suffisant pour couvrir les coûts, y compris en matière d'environnement et de ressources, ce qui sous-entend de tenir compte de leur vulnérabilité face aux pénuries d'eau et aux sécheresses.

Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

du marché de l'eau, les autorités australiennes ont, par la loi sur l'eau (*Water Act*) de 2007, instauré une redevance sur le marché ainsi que des règles d'échange. Ces règles améliorent le marché en le libéralisant et en fixant un cadre d'échange, de même qu'en assurant des signaux de prix idoines. Outre les échanges de droits, l'application de pratiques de tarification optimales est un élément clé de l'initiative nationale pour l'eau de l'Australie (*National Water Initiative*).

Face aux événements climatiques extrêmes, l'instrument économique le plus fréquemment cité est l'assurance contre le risque d'inondation (tableau 3.7). Dans de nombreux pays, l'administration centrale (ou les autorités locales) joue un rôle important en matière d'assurance ou de réassurance de ce risque. Dans tous les pays, le secteur des assurances est fortement réglementé. Le changement climatique remet en question de nombreux régimes d'assurance inondation existants, dont beaucoup devront être modifiés pour atteindre les objectifs d'efficience et d'équité tout en restant viables sur le plan financier.

Tableau 3.7. **Exemples d'instruments économiques utilisés pour faire face aux phénomènes météorologiques extrêmes**

Australie	• Consultation publique sur les propositions de réforme de l'assurance inondation.
Belgique	• Récente réforme de l'assurance contre les inondations et autres aléas naturels.
Espagne	• Initiatives dans le domaine de l'assurance contre les catastrophes naturelles, y compris les inondations (meilleure adaptation du marché de l'assurance au changement climatique, par exemple).
États-Unis	• Réforme du programme national d'assurance inondation (loi Biggert-Waters Flood Insurance Reform Act de 2012).
Finlande	• Réforme du système d'indemnisation des dégâts causés par une inondation, afin de mieux prendre en compte le changement climatique et réagir aux phénomènes météorologiques extrêmes.
France	• Réforme du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles (CatNat).
Mexique	• Promotion de l'assurance comme levier de réduction de la vulnérabilité.
Royaume-Uni	• Déclaration de principes entre les compagnies d'assurance et l'État, obligeant les assureurs à continuer de couvrir les risques d'inondations dans leurs polices de base (expire en juin 2013, des négociations sont en cours pour un nouvel accord).
Suisse	• Régimes d'assurance obligatoire contre les catastrophes naturelles pour tous les propriétaires immobiliers.
Turquie	• Projet d'études sur la prise en charge des risques par des régimes d'assurance privée ou publique.
Commission européenne	• Mise en place éventuelle de paiements pour les services écosystémiques en rapport avec la rétention naturelle de l'eau, dans le but de prévenir inondations et sécheresses.

Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

Plusieurs pays de l'OCDE ont déjà réformé ces régimes ou sont en passe de le faire. Ainsi, les États-Unis ont voté en 2012 la loi Biggert-Waters Flood Insurance Reform Act, qui porte la réforme du programme national d'assurance inondation. La France étudie actuellement la question d'une réforme de son régime d'indemnisation des catastrophes naturelles (CatNat). Au Royaume-Uni, la déclaration de principes liant l'État et le secteur des assurances a été modifiée en 2008. Cette déclaration contraint les compagnies d'assurances à continuer de proposer une protection contre les inondations dans leurs polices types. Elle ne sera pas renouvelée après son expiration, en juin 2013. Par conséquent, les pouvoirs publics cherchent à parvenir à un accord avec les assureurs pour que les primes restent abordables, sans que ni les assurés ni les contribuables n'aient à supporter des charges insoutenables. L'assurance inondation au Royaume-Uni, aux États-Unis et en France est abordée plus en détails au chapitre 4.

En Allemagne, il n'existe, au niveau national, aucune obligation d'assurance contre les aléas naturels. Des campagnes de sensibilisation sont donc menées au niveau des Länder, afin de pousser davantage de particuliers et d'entreprises à souscrire volontairement des assurances contre ces risques. Au Mexique également, une campagne de promotion de l'assurance est en cours, dans le cadre des mesures d'adaptation.

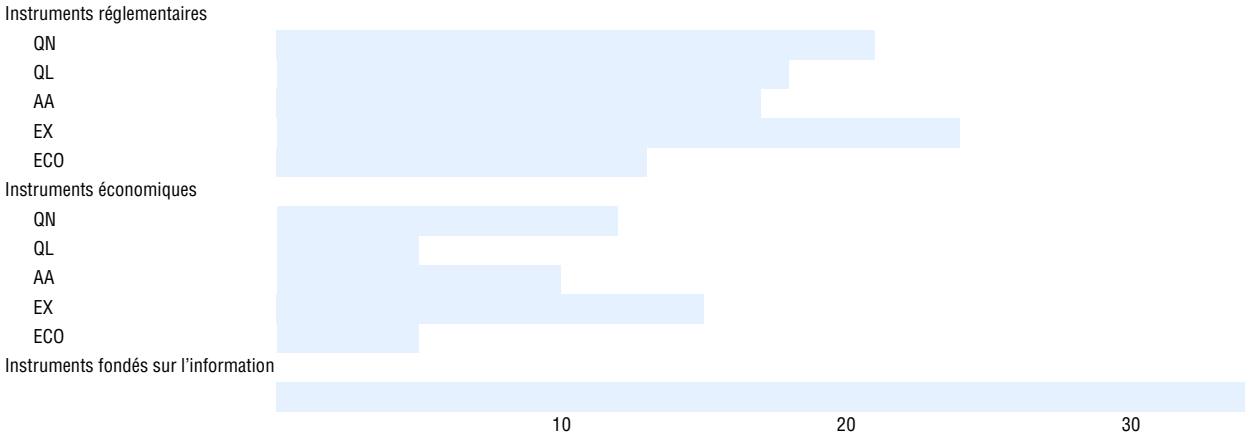
Instruments fondés sur l'information

Les instruments fondés sur l'information sont de loin les plus usités par les pays de l'OCDE pour favoriser l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique. À l'exception de l'Islande, tous les pays de l'OCDE ainsi que la Commission européenne ont indiqué y avoir recours dans le cadre de leurs efforts d'adaptation. L'explication tient peut-être au rôle important que jouent les pouvoirs publics dans la constitution de bases de données concrètes qui contribuent à remédier aux déficits d'information, et partant à éclairer les décisions en matière d'adaptation (voir chapitre 2 pour plus de détails). De fait, les États collectent, classent, diffusent et partagent des informations sur l'adaptation au changement climatique et sur les risques liés à l'eau. Le recours aux instruments fondés sur l'information vise principalement à faire progresser les connaissances scientifiques et le partage des informations, ainsi qu'à donner des repères aux responsables publics à tous les niveaux, mais aussi aux ménages et aux entreprises. Le tableau 3.8 montre le nombre de pays ayant déclaré employer chacun des trois types d'instruments (fondés sur l'information, réglementaires et économiques) dans le cadre de l'enquête.

Il existe plusieurs types d'instruments fondés sur l'information. Les outils de communication destinés à sensibiliser le public et à renforcer les capacités en font partie, tout comme les nombreux documents contenant des conseils à l'intention des pouvoirs publics locaux, des entreprises et des particuliers. L'information sur les risques prend souvent la forme de systèmes d'alerte précoce ou de cartes des risques d'inondations ou autres aléas naturels.

Les portails web sont l'un des supports les plus fréquemment utilisés pour diffuser l'information. Plusieurs pays tels que l'Allemagne, l'Autriche, la France, la Norvège, la République tchèque et la Suisse ont ouvert des portails d'information sur les incidences du changement climatique et les risques. Certains de ces portails proposent une plate-forme polyvalente. Par exemple, en Allemagne, la plate-forme nationale KomPass diffuse des informations et sert également de point de communication et de coopération dans le domaine de l'adaptation ; elle accorde une place centrale à la gestion de l'eau. En Norvège, le portail en ligne *Klimatilpasning Norge* a pour objectif de proposer une information

Tableau 3.8. **Fréquence d'utilisation des outils réglementaires, économiques et fondés sur l'information cités dans l'enquête de l'OCDE**



Note : QN = quantité, QL = qualité, AA = approvisionnement en eau et assainissement, EX = événements extrêmes, ECO = écosystèmes.
Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

approfondie sur l'adaptation au changement climatique et de promouvoir les échanges d'informations entre les différents secteurs de l'action publique et les différents niveaux d'administration. Cette plate-forme nationale contribue à l'information sur les effets du changement climatique et leurs conséquences grâce à des conseils précis et des exemples de mesures d'adaptation. À l'échelon européen, la Commission européenne a conçu une plate-forme web destinée à faciliter les échanges d'informations sur l'adaptation au changement climatique dans les pays européens (encadré 3.6).

Certains de ces portails web sont expressément dédiés à la question de l'eau, à l'instar de l'*Australian Water Resources Information System* en Australie, du *Water and Climate Compendium* au Canada, du site *The Helpdesk Water* aux Pays-Bas et de *WaterSMART* aux États-Unis. La plate-forme canadienne en ligne *Water and Climate Compendium*, qui donne accès à des informations sur l'adaptation au changement climatique et l'eau, s'adresse aux collectivités territoriales, aux communautés rurales, y compris autochtones, aux organismes locaux de gestion des bassins versants, aux gestionnaires, aux districts d'irrigation, aux groupes privés offrant des biens et services sensibles aux effets du climat (agriculture, sylviculture, pêche, services collectifs, exploitation minière, sociétés pétrolières et gazières, transports, secteur du bâtiment, secteur manufacturier, services professionnels, loisirs, immobilier, finance et assurance, etc.), aux groupes de défense de l'environnement (organisations non gouvernementales, par exemple) et aux agences provinciales/territoriales disposant de peu de ressources.

Un certain nombre de pays produisent des lignes directrices sur l'adaptation à l'intention des collectivités locales, des entreprises et du grand public. Cette démarche revêt une importance particulière dans les pays ayant retenu une approche décentralisée de l'adaptation. Le gouvernement fédéral canadien a ainsi soutenu la rédaction d'un guide d'adaptation climatique destiné aux municipalités, ainsi que d'un guide des risques pour les administrations locales. En Nouvelle-Zélande, l'administration centrale produit des manuels techniques, des synthèses et des orientations pour informer les autorités locales, les entreprises et les particuliers. L'Espagne, le Japon, le Royaume-Uni et la Suède ont adopté des démarches similaires. La Finlande et la Hongrie ont mis en place un cadre de

Encadré 3.6. **La plate-forme européenne d'adaptation au changement climatique : CLIMATE-ADAPT**

La plate-forme européenne d'adaptation au changement climatique (CLIMATE-ADAPT) a pour but d'accompagner l'Europe dans cette voie. Elle contribue à remédier au manque d'information et à faire partager les expériences autour de l'adaptation au changement climatique. CLIMATE-ADAPT aide les utilisateurs à obtenir et à diffuser des informations sur les changements climatiques attendus en Europe, la vulnérabilité des régions et secteurs, aujourd'hui et dans le futur, les stratégies d'adaptation nationales et transnationales, des études de cas de différentes solutions d'adaptation, ainsi que des outils d'aide à la planification de l'adaptation au changement climatique. Sur la plate-forme CLIMATE-ADAPT, les informations sont regroupées autour des thèmes suivants :

- informations sur l'adaptation (observations et scénarios, vulnérabilités et risques, mesures d'adaptation, stratégies nationales d'adaptation, projets de recherche) ;
- politiques sectorielles de l'UE (agriculture et forêts, biodiversité, zones littorales, réduction des risques de catastrophe, politiques financières, santé, infrastructures, secteur marin et pêche, gestion de l'eau) ;
- régions transnationales, pays et zones urbaines ;
- outils (outil d'aide à l'adaptation, outil de recherche d'études de cas, outil de visualisation des cartes).

Source : CLIMATE-ADAPT (2012), « European Climate Adaptation Platform », *http://climate-adapt.eea.europa.eu* (consulté le 2 novembre 2012).

coopération et de coordination entre les municipalités, les instituts de recherche et le grand public.

Le tableau 3.9 propose un tour d'horizon des différents instruments fondés sur l'information utilisés face au risque d'inondation. Environ la moitié des pays pour qui les inondations ou les eaux pluviales sont une préoccupation majeure ont élaboré des instruments d'information spécifiques, tels qu'une cartographie des risques et des services d'alerte précoce. Ainsi, les États-Unis, la France, l'Irlande, le Japon, le Luxembourg et la Norvège ont établi une carte des risques d'inondation dans le cadre de leurs mesures d'adaptation. L'Allemagne, la Belgique, la Corée, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Royaume-Uni et la Turquie ont, quant à eux, développé des systèmes d'alerte.

L'utilisation d'outils fondés sur l'information pour faire face au risque de pénurie est moins développée. Le tableau 3.10 rassemble quelques exemples de ce cas de figure. Le Japon et le Luxembourg ont choisi de promouvoir l'utilisation des eaux pluviales pour répondre aux sècheresses et pénuries d'eau. La France a quant à elle lancé un portail d'information sur la sècheresse et les restrictions de l'usage de l'eau. En Belgique et en Espagne, des campagnes d'information promeuvent les économies d'eau. Le Portugal a adopté en 2005 un plan national pour une utilisation efficiente de l'eau (PNUEA), qui vise à favoriser une utilisation rationnelle de la ressource, notamment dans les zones urbaines, en agriculture et dans l'industrie, à limiter les risques de pénurie et à améliorer l'état environnemental des masses d'eau douce.

Quelques pays ont fait état de projets spéciaux face au risque de sécheresse. Ainsi, en Australie, les ministères des industries primaires ont donné en octobre 2012 leur aval à un nouveau dispositif de programmes de gestion des sècheresses. Ce dispositif privilégiera la

Tableau 3.9. **Exemples d'instruments fondés sur l'information utilisés face au risque d'inondation**

Allemagne	• Plate-forme d'information et d'alerte sur les risques d'inondation.
Australie	• Principes directeurs nationaux pour le programme d'information sur les risques d'inondation.
Belgique	• Flandre : outil public de prévision des inondations à 48 heures.
Corée	• Système d'alerte précoce à destination des administrations centrale et locales.
Estonie	• Analyse par les villes des risques d'événement extrême (les plan locaux d'urbanisme prennent en compte les nouveaux risques d'inondation).
États-Unis	• Cartographie, analyse et planification des risques d'inondation. • Gestion des eaux pluviales.
Finlande	• Prévision et suivi des inondations. • Manuel de gestion des eaux pluviales. • Projet pilote pour la préparation au changement climatique dans le cadre des plans régionaux et généraux.
France	• Cartographie des risques d'inondation dans les régions fortement exposées. • Portail d'information sur les principaux risques, y compris les catastrophes naturelles telles que les inondations.
Grèce	• Plan de protection civile et mesures de maîtrise du risque d'inondation.
Irlande	• Programme national d'analyse et de gestion des risques d'inondation par bassin versant. • Cartographie en ligne des inondations.
Italie	• Système intégré d'alerte précoce pour les risques hydrologiques.
Japon	• Plans régionaux d'intervention et de prévention des catastrophes comprenant des cartes des risques. • Alertes inondation.
Luxembourg	• Système d'alerte aux crues. Cartographie des risques d'inondation et des zones inondables.
Norvège	• Cartographie nationale des risques d'inondation et de glissement de terrain.
Pays-Bas	• Programme « vivre avec l'eau » (visant à stimuler la coopération entre la gestion de l'eau, l'aménagement du territoire, les sciences et la pratique, l'économie et la sociologie).
Portugal	• Plans de gestion du risque d'inondation.
Royaume-Uni	• Service d'alerte inondation.
Suède	• Recommandations sur les risques d'inondation dans les plans d'urbanisme communaux.
Suisse	• Orientations et recommandations pour l'identification des zones à risque et pour la mise en œuvre d'une gestion des ressources en eau et des bassins versants.
Turquie	• Cartographie des risques d'inondation et de glissement de terrain. • Mise au point d'un système d'alerte précoce en cas de catastrophe naturelle. • Sensibilisation du public et renforcement des capacités des organismes compétents en cas de catastrophe.
Commission européenne	• Système européen d'information sur l'eau (plate-forme en ligne d'information sur l'eau).

Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

Tableau 3.10. **Exemples d'instruments fondés sur l'information utilisés face au risque de pénurie**

Australie	• Développement d'un nouveau dispositif de programmes pour faire face à la sécheresse.
Belgique	• Flandre : campagne d'information pour encourager les économies d'eau.
Espagne	• Campagne publique pour la promotion des économies d'eau.
France	• Portail d'informations sur la sécheresse et les restrictions d'eau (PROPLUVIA). • Détermination de scénarios possibles pour l'adaptation des activités consommatrices d'eau dans les régions où la ressource est rare.
Italie	• Plan d'action national de lutte contre la sécheresse et la désertification, comportant des mesures de protection de l'eau et des ressources souterraines. • Projets pilotes d'adaptation pour combattre la sécheresse et la désertification.
Luxembourg	• Promotion d'infrastructures permettant d'économiser l'eau et de systèmes de collecte des eaux pluviales.
Portugal	• Plan national pour une utilisation efficiente de l'eau (PNUEA).
Slovénie	• Centre de gestion des sécheresses pour l'Europe du Sud-Est (promeut le développement d'outils d'analyse du risque de sécheresse).
Turquie	• Élaboration d'orientations pour une utilisation efficiente de l'eau dans l'industrie et promotion de pratiques innovantes.
Commission européenne	• Plans de gestion de la sécheresse.

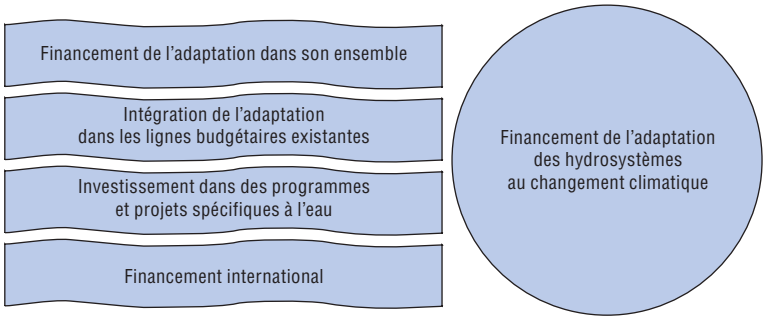
Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

gestion des risques par les agriculteurs et la préparation de ces derniers, plutôt que l'assistance d'urgence adossée à l'État. En Italie, sous la houlette du comité national de lutte contre la sécheresse et la désertification, six plans d'action locaux ont été développés pour faire face à la recrudescence de ces deux phénomènes.

Financement de l'adaptation

Le financement de l'adaptation des hydrosystèmes n'a pas encore été traité de manière appropriée par la majeure partie des pays de l'OCDE. Lorsqu'ils abordent la question du financement, les stratégies et les plans de la plupart des pays de l'OCDE ne le font que sommairement. Les pays qui se sont attelés à cette question ont retenu différentes approches (graphique 3.3). Quelques-uns (Australie, Canada, France et Suède notamment) ont choisi d'attribuer, sur le budget de l'État, une enveloppe globale pour l'adaptation, dont une partie va à la problématique de l'eau. D'autres (Allemagne et Royaume-Uni, par exemple) intègrent les mesures d'adaptation dans les lignes budgétaires existantes. Le plus souvent, le soutien à l'adaptation dans le domaine de l'eau s'inscrit dans des programmes et projets particuliers concernant l'eau (fonds Delta aux Pays-Bas, programmes de prévention des inondations en République tchèque, etc.). Quelques pays de l'OCDE (Chili, Estonie, Hongrie, Mexique, Slovénie et Turquie, par exemple) ont reçu des financements provenant de dispositifs internationaux (dont les fonds structurels et de cohésion de l'UE) pour avancer dans l'adaptation des hydrosystèmes. De plus, plusieurs pays (Allemagne, Danemark, États-Unis, France et Mexique notamment), ainsi que la Commission européenne, réfléchissent actuellement à des mécanismes innovants de financement de l'adaptation (encadré 4.4). Il est généralement difficile de séparer le financement des mesures d'adaptation au changement climatique du reste des dépenses habituelles dans le domaine de l'eau.

Graphique 3.3. **Différentes sources de financement pour l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique**



Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

Quelques pays ont alloué des crédits budgétaires à l'adaptation au changement climatique en général, dont une part est consacrée aux hydrosystèmes. La France a ainsi affecté environ 171 millions EUR à la mise en œuvre des mesures de son Plan national d'adaptation (2011-15). Le gouvernement australien a investi plus de 170 millions AUD sur la période 2007-12 pour financer des mesures nationales d'adaptation, notamment la création du programme de recherche *Climate Adaptation National Research Flagship* de la CSIRO (44 millions AUD) et du programme d'adaptation au changement climatique (*Climate*

Change Adaptation Programme) (126 millions AUD). Ces deux dispositifs sont destinés à donner au gouvernement des clés pour mettre l'Australie en position de faire face aux effets du changement climatique. En novembre 2011, le ministère canadien de l'Environnement a annoncé que le gouvernement allait débloquer 149 millions CAD sur 5 ans en faveur de 10 programmes d'adaptation émanant de 9 ministères et agences (encadré 3.7).

Encadré 3.7. **Programmes d'investissement du Canada pour l'adaptation aux niveaux fédéral et régional**

Le Cadre stratégique fédéral sur l'adaptation

Le Cadre stratégique a été conçu pour faciliter la planification de l'adaptation au niveau fédéral et souligne l'importance de l'intégration du risque climatique dans la prise de décision. Il fixe le cap de l'adaptation nationale, définit le rôle du gouvernement fédéral, qui doit être ponctuel et ciblé, met l'accent sur l'enrichissement des informations scientifiques, sur les outils étayant la prise de décision en matière d'adaptation et sur le partage des connaissances, et aide à hiérarchiser les priorités des actions futures. En novembre 2011, le ministère canadien de l'Environnement a annoncé que le gouvernement allait débloquer 148.8 millions CAD sur 5 ans en faveur de 10 programmes d'adaptation émanant de 9 ministères et agences, ce qui marque une augmentation du nombre des ministères et agences concernés et une hausse de l'enveloppe globale consacrée à l'adaptation au niveau fédéral.

Initiatives de collaboration pour l'adaptation régionale au Canada

Achevé en 2012, le programme d'Initiatives de collaboration pour l'adaptation régionale (ICAR) à l'égard des changements climatiques était un programme fédéral à frais partagés de 30 millions CAD sur trois ans visant à aider les Canadiens à réduire les risques et à tirer le meilleur parti des occasions associées aux changements climatiques. Le programme aidait les communautés à se préparer en vue de l'adaptation aux répercussions locales occasionnées par les changements climatiques, comme la diminution des sources d'approvisionnement en eau potable, l'augmentation des sécheresses et des inondations. En voici quelques exemples.

- En Colombie-Britannique, l'initiative de collaboration *Preparing for Climate Change: Securing B.C.'s Water Future,* s'est attachée à renforcer la résilience au changement climatique et à ses effets anticipés sur l'eau et les écosystèmes aquatiques.
- Pour traiter certaines vulnérabilités face au changement climatique, l'initiative de collaboration de l'Ontario a mené une série de projets visant à faire progresser la prise de décision dans les domaines de la gestion des conditions météorologiques exceptionnelles, la gestion de l'eau et la planification du développement urbain. Ces projets déboucheront sur des recommandations et des mesures en vue de l'élaboration de réglementations, de normes, de bonnes pratiques, de plans et/ou de politiques, ainsi que sur des outils venant à l'appui des mesures d'adaptation. La gestion de l'eau était au cœur de l'initiative de collaboration du Québec, dont l'objectif était d'amorcer l'adaptation sur des problématiques ciblées en fournissant des informations et des outils spécialisés aux gestionnaires gouvernementaux de l'eau et aux organismes de bassins versants.

Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm.*

Il arrive également que le financement de l'adaptation soit intégré aux budgets existants. Par exemple, le plan d'action de l'Allemagne pour l'adaptation sera financé sur le budget des ministères concernés sans modification de la ligne budgétaire actuelle. En Angleterre, le programme d'adaptation a été pensé en partant du principe que son financement serait englobé dans le budget actuel. D'ailleurs, même si la recherche dans le domaine de l'adaptation a bénéficié de financements dédiés, l'un des principaux problèmes rencontrés par le programme anglais d'adaptation est la lourdeur des charges qui pèsent sur les ressources des ministères (Mullan et al., 2013).

Un nombre significatif de pays ont déjà investi ou prévu d'investir dans des projets et des programmes consacrés à la question de l'eau, qui traitent de l'adaptation au changement climatique en plus des autres facteurs de risques liés à l'eau (tendances socio-économiques, par exemple). Le gouvernement australien investit ainsi 14 milliards AUD sur 12 ans pour faciliter l'adaptation au changement climatique et faire face à la raréfaction des ressources via le programme *Water for the Future* (encadré 3.8). En France, 500 millions EUR seront investis au cours de la période 2011-16 pour le déploiement du Plan Sécheresse et du Plan Submersions Rapides, et plusieurs programmes d'investissement sont prévus au niveau des Agences de l'eau en faveur de la réduction des pertes d'eau et du renforcement de l'offre. L'objectif est de réduire les fuites dans les réseaux de distribution, de favoriser la réutilisation des eaux usées et d'optimiser le stockage de l'eau ainsi que le développement de nouvelles infrastructures de stockage, le cas échéant. Des subventions sont en outre accordées à des projets respectueux de l'environnement en rapport avec l'eau.

Les Pays-Bas ont créé le fonds Delta (Delta Fund), qui finance le coût de mesures et dispositions de protection contre les inondations et d'approvisionnement en eau douce. Outre les constructions et les améliorations, le fonds Delta finance la gestion, l'entretien et l'exploitation des infrastructures hydrauliques et les recherches connexes. À compter de 2020, une enveloppe de 1 milliard EUR sera allouée par l'État à la mise en œuvre du Programme Delta. Le fonds Delta et les contributions des autorités en charge de l'eau garantissent un financement pérenne de la protection contre les inondations. Les Pays-Bas disposent en outre d'un programme distinct de protection contre les inondations, destiné à renforcer les ouvrages de défense primaires le long du littoral, des cours d'eau et des principaux bras du delta qui ne répondent pas aux normes légales. Ce programme dispose d'un budget de 2.5 milliards EUR pour la période 2009-20, qui couvrira toutes les mesures nécessaires.

Au Royaume-Uni, le DEFRA (ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales) anticipe des dépenses d'au moins 2.17 milliards GBP pour faire face aux inondations et à l'érosion du littoral sur la période 2012-15, soit une moyenne de 544 millions GBP par an. Cette somme représente environ 1.04 milliard d'investissements d'équipement et 1.13 milliard GBP de coûts administratifs et autres (entretien, prévision des inondations ou encore interventions en cas d'incident).

La Slovaquie projette de construire un système de prévention et de protection contre les inondations afin de réduire les risques d'inondation pour 24 villes dans le cadre des programmes de redynamisation du paysage et de gestion intégrée des bassins versants. Le financement est assuré par des subventions d'un montant total d'environ 580 000 EUR qui proviennent du fonds de réserve budgétaire du Premier ministre.

Encadré 3.8. **Le dispositif australien « Water for the Future »**

En Australie, les autorités nationales vont investir au total 14 milliards AUD sur 12 ans pour faciliter l'adaptation au changement climatique et pour faire face à la raréfaction des ressources en eau. L'objectif est d'améliorer la gestion de l'eau et de réformer la politique de l'eau par une série de mesures. Ce dispositif est notamment composé des programmes suivants :

- Programme pour une utilisation et des infrastructures de l'eau durables en milieu rural (*Sustainable Rural Water Use and Infrastructure Programme*) : les autorités nationales ont investi 5.8 milliards AUD pour améliorer l'efficience de l'utilisation de l'eau dans les zones rurales du pays. Dans le cadre de ce programme, elles ont accordé une enveloppe d'environ 3.2 milliards AUD aux projets prioritaires d'un certain nombre d'États et territoires : Australie du Sud, Nouvelle-Galles du Sud, Victoria, Queensland et Territoire de la capitale australienne.
- Programme de restauration de l'équilibre du bassin Murray-Darling (*Restoring the Balance in the Murray-Darling Basin Program*) : les autorités nationales ont accordé 3.1 milliards AUD pour faciliter le rachat de droits d'utilisation de l'eau en vue de restaurer la santé environnementale de ce bassin. Le programme donne aux irrigants la possibilité de vendre leurs droits d'usage de l'eau à l'État australien.
- Programmes urbains pour la pérennisation et la diversification de l'approvisionnement en eau des villes : à travers le Plan national de sécurité de l'eau pour les villes, les autorités nationales ont alloué plus de 250 millions AUD à des projets concrets d'économie d'eau et de réduction des pertes dans les zones urbaines. En outre, plus de 680 millions AUD ont été consacrés à des investissements dans des usines de dessalement, des programmes de recyclage et des projets de collecte et de réutilisation des eaux de pluie. Par ailleurs, des travaux de recherche sont financés sur l'amélioration des technologies, l'utilisation du dessalement et le recyclage de l'eau.
- Programme d'amélioration de l'information sur l'eau (*Improving Water Information Program*) : le Bureau de météorologie a reçu 450 millions AUD sur 10 ans pour remanier entièrement ses méthodes de mesure, de prise en compte, de notification, de prévision et d'analyse de l'information.

Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

Dans plusieurs pays, il existe également des programmes d'investissement locaux, qui peuvent être financés pleinement par les administrations locales ou bénéficier du concours de l'État. Ainsi, en Allemagne, le ministère fédéral de l'Environnement (BMU) a lancé en 2011 un programme de financement pour promouvoir l'adaptation au changement climatique au niveau des entreprises et des administrations locales. Ce programme devrait couvrir les coûts de projets locaux/régionaux de constitution de réseaux et d'éducation, et appuyer la mise au point de modèles d'adaptation. Dans le cadre de l'initiative nationale pour le climat, des financements sont également offerts aux communes pour les aider à développer des modèles d'adaptation au changement climatique dans le contexte de leurs stratégies climatiques. Le gouvernement fédéral finance des projets exemplaires et des programmes pilotes aux niveaux local et régional : « Répondre au changement climatique dans les régions pour l'avenir (KLIMZUG) », « Stratégies urbaines pour lutter contre le changement climatique », etc. Via des incitations financières, ce dispositif encourage les acteurs de pointe à innover et à sensibiliser les autres à la nécessité de l'adaptation.

Au Royaume-Uni, le DEFRA s'engage à financer en totalité les nouvelles charges qui incombent aux autorités locales du fait de l'application de la nouvelle loi sur les inondations et la gestion de l'eau (Flood and Water Management Act). Jusqu'à 36 millions GBP par an seront alloués directement aux autorités locales en charge de la gestion des inondations. Grâce à cet investissement, 145 000 foyers devraient bénéficier d'une meilleure protection contre les inondations d'ici à mars 2015.

Quelques pays de l'OCDE font appel à des mécanismes financiers internationaux pour soutenir des activités d'adaptation. Par exemple, le Chili, a reçu une aide du Fonds pour l'environnement mondial (FEM), de ses agents d'exécution et de ses partenaires de la coopération pour le développement bilatérale. En 2010, la Banque mondiale a donné son aval pour un prêt de 450 millions USD au bénéfice du Mexique, au titre de l'élaboration de mesures publiques en faveur de l'adaptation du secteur de l'eau. Ce prêt visait à aider les pouvoirs publics à préparer le pays à faire face aux effets croissants du changement climatique au travers des programmes de la commission nationale de l'eau (CONAGUA).

Grâce à ses fonds structurels et à son fonds de cohésion, l'Union européenne met à disposition de ses États membres des moyens pour les aider à se conformer à la législation sur l'eau et cofinancer leurs investissements à forte intensité capitalistique dans les infrastructures hydrauliques. Pour la gestion des ressources en eau, un financement total de 8 milliards EUR est affecté à la réduction des fuites, aux raccordements au réseau de distribution, à l'augmentation de l'offre et à l'amélioration des infrastructures. Pour la prévention des catastrophes, une enveloppe de 7 milliards EUR est prévue. Le Fonds de solidarité de l'Union européenne (FSUE) assure une aide financière d'urgence en cas de catastrophe dans les États membres (environ 1 milliard EUR distribué chaque année). En Estonie, les différentes activités relatives à la gestion de l'eau et au changement climatique sont financées en grande partie par le Fonds de cohésion. En Slovénie, deux projets de protection contre les inondations reçoivent actuellement une aide de ce même fonds. En Hongrie, la protection contre les inondations continuera de bénéficier de l'appui de l'UE dans le cadre du Programme opérationnel environnement et énergie, qui est doté de 607 millions EUR pour la période 2007-13.

Conclusion

Si les risques liés à l'eau sont de mieux en mieux connus dans les pays de l'OCDE, il reste en revanche encore beaucoup à faire pour les « cibler » et les « gérer » afin de faire face au changement climatique. Jusqu'à présent, les pays de l'OCDE ont concentré leurs efforts sur l'acquisition de connaissances par la constitution de bases de données scientifiques et la diffusion de l'information. Les gouvernements ont largement privilégié les instruments fondés sur l'information. Pour « cibler » et « maîtriser » les risques liés à l'eau engendrés par le changement climatique, ils emploient aussi souvent des instruments réglementaires. En revanche, l'enquête de l'OCDE révèle que les instruments économiques sont, pour l'instant, sous-utilisés. Certains ouvrages laissent entrevoir un potentiel pour l'usage de ces instruments, mais on manque d'analyses et d'exemples sur l'utilisation qui pourrait en être faite pour répondre aux problèmes particuliers de l'adaptation des hydrosystèmes. Le chapitre 4 a pour ambition d'aider à combler cette lacune en examinant de plus près comment plusieurs instruments économiques pourraient faciliter une adaptation efficiente des hydrosystèmes avant qu'il ne soit trop tard, en illustrant le propos par des exemples récents.

Notes

1. Les profils pays sont disponibles à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptation auchangement climatique.htm*.
2. L'évaluation précédente a donné lieu au rapport Global Climate Change Impacts in the United States en 2009, et le premier rapport d'évaluation national date de 2000.
3. Au Canada, divers instruments d'action sont utilisés au niveau infranational à des fins d'adaptation au changement climatique : le profil pays du Canada donne ainsi plusieurs exemples d'instruments réglementaires mis en œuvre en Ontario.

Références

Australian Government Productivity Commission (2012), « Barriers to Effective Climate Change Adaptation », *Draft report*, Australian Government Productivity Commission, Canberra, *www.pc.gov.au/projects/inquiry/climate-change-adaptation* (consulté le 11 novembre 2012).

CLIMATE-ADAPT (2012), « European Climate Adaptation Platform », *http://climate-adapt.eea.europa.eu* (consulté le 2 novembre 2012).

ClimWatAdapt (2012), « Climate Adaptation – Modeling Water Scenarios and Sectoral Impacts », *www.climwatadapt.eu* (consulté le 5 novembre 2012).

DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) (2012), *UK Climate Change Risk Assessment: Government Report*, DEFRA, Londres, *www.gov.uk/government/publications/uk-climate-change-risk-assessment-government-report* (consulté le 19 novembre 2012).

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2006), *Taxe pour la gestion des eaux pluviales urbaines*, Fiche n° 3, MEDDE, Paris.

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2011), *Eau et changement climatique : quelles stratégies d'adaptation possibles*, MEDDE, Paris.

Mullan, M. et al. (2013), « Planification nationale de l'adaptation : L'expérience des pays de l'OCDE », *Documents de travail sur l'environnement de l'OCDE*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/5k483jp21xg0-fr*.

The National Water Commission (NWC) (2011), *The National Water Initiative: Securing Australia's Water Future: 2011 Biennial Assessment*, NWC, Canberra, *http://nwc.gov.au/publications/topic/assessments/ba-2011* (consulté le 18 novembre 2012).

The National Water Commission (2012), *Water Policy and Climate Change in Australia*, NWC, Canberra, *http://archive.nwc.gov.au/library/topic/markets/water-policy-and-climate-change-in-australia* (consulté le 18 novembre 2012).

OCDE (2012), *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050, Les conséquences de l'inaction*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/19991568*.

© OCDE 2014

Chapitre 4

Améliorer la flexibilité : gouvernance adaptative, lignes d'action envisageables et méthodes de financement

Face aux incertitudes entourant l'avenir des ressources en eau douce, au rythme potentiellement rapide du changement et à l'existence éventuelle de points de basculement aux effets irréversibles, la souplesse constitue un précieux atout et une approche dynamique et prospective de la gouvernance et de la politique de l'eau s'impose. Ce chapitre explique pourquoi la gouvernance « adaptative » de l'eau fait l'objet d'une attention croissante en tant que moyen d'augmenter la flexibilité et de gérer les incertitudes attachées aux tendances à long terme. Il montre que des instruments économiques bien conçus peuvent améliorer l'efficience et la rapidité des mesures d'adaptation en réduisant les pressions de base qui s'exercent sur les ressources en eau et en offrant de la souplesse pour gérer l'augmentation de la variabilité, des risques et de l'incertitude. Sur la base d'études de cas, il dégage un certain nombre d'enseignements concernant le recours aux assurances, aux échanges de droits sur l'eau, à la tarification de l'eau et aux approches écosystémiques. Pour finir, ce chapitre examine certains pièges à éviter dans le cadre du financement de l'adaptation dans le domaine de l'eau, et analyse comment appliquer une approche fondée sur des options réelles pour valoriser la flexibilité dans le cadre des investissements à long terme.

Messages clés

- Une **gouvernance adaptative** et **une politique rationnelle de l'eau** permettraient de renforcer considérablement la résilience au changement climatique. Parallèlement, certaines politiques de l'eau en place devront le cas échéant être ajustées pour faire face aux risques et incertitudes croissants. Les dispositions réglementaires, les moyens d'action fondés sur l'information et les instruments économiques ont tous un rôle important à jouer.
- Des **instruments économiques** bien conçus peuvent améliorer l'efficience et la rapidité des mesures d'adaptation en réduisant les pressions de base sur la ressource en eau et donc sa vulnérabilité. Ils offrent en outre davantage de souplesse pour gérer l'augmentation de la variabilité, des risques et de l'incertitude, et alléger les coûts d'ajustement à l'évolution de la situation.
- Les **régimes d'assurance contre les inondations** peuvent inciter à réduire l'exposition et la vulnérabilité aux inondations, à répartir efficacement le risque résiduel et à compenser l'impact économique des inondations. Du fait de l'incertitude accrue qui entoure la probabilité et la gravité des inondations, il est de plus en plus difficile de fixer un tarif adéquat pour ces assurances.
- Les **échanges de droits sur l'eau** peuvent permettre une redistribution efficiente des ressources en eau en fonction de l'évolution de la situation, y compris en cas d'amplification de la variabilité et de multiplication des épisodes de pénurie. Si des transferts temporaires peuvent être efficaces pour gérer la variabilité de l'approvisionnement provoquée par une sécheresse, ils sont insuffisants pour assurer l'adaptation à des changements de long terme qui affectent les disponibilités totales en eau.
- Le changement climatique renforce les arguments économiques en faveur d'une **tarification efficiente de l'eau** qui permette de réduire les gaspillages, d'encourager la diversification des sources d'approvisionnement et d'accroître les financements pour répondre aux besoins d'investissement potentiellement plus élevés. Les prix peuvent aussi servir à signaler la rareté et par conséquent la planification optimale dans le temps de l'accroissement de l'offre. Pourtant, dans la pratique, la tarification de l'eau a été inefficace dans la plupart des cas, et la tarification de la rareté s'est heurtée à des résistances.
- Les incitations en faveur des **approches écosystémiques** et des **infrastructures vertes** peuvent constituer un moyen d'un bon rapport coût-efficacité de gérer l'incertitude en évitant de s'enfermer dans des choix d'infrastructures à forte intensité de capital. En cela, elles sont porteuses d'une valeur d'« option » supplémentaire. Même si ces solutions font l'objet d'une attention croissante, en particulier en milieu urbain, leur mise en œuvre en est encore à un stade préliminaire.
- L'adaptation au changement climatique va vraisemblablement aggraver **le déficit de financement** dans le secteur de l'eau, déjà important dans les pays de l'OCDE. En outre,

les horizons temporels longs et l'incertitude omniprésente qui lui sont associés soulèvent des problèmes spécifiques. L'attribution peut aussi se révéler problématique en cas de mécanismes spécifiques de financement de l'adaptation. Le financement de l'adaptation doit s'appuyer sur des approches rationnelles du financement de l'eau en général et éviter les distorsions induites par des projets « spéciaux » qui peuvent être aisément qualifiés de projets d'adaptation mais qui n'optimisent pas nécessairement les bénéfices nets.

Il est communément admis qu'une politique rationnelle de l'eau permettrait de renforcer considérablement la résilience au changement climatique. Un jugement erroné du contexte politique pourrait à l'inverse restreindre ou compromettre certains programmes ou projets d'adaptation spécifiques des hydrosystèmes, ou déboucher sur une mauvaise stratégie d'adaptation. Les dispositions réglementaires, les moyens d'action fondés sur l'information et les instruments économiques ont tous un rôle important à jouer dans la mise en œuvre efficace, en temps voulu, de l'adaptation au changement climatique. Ces instruments peuvent être ainsi combinés pour « connaître », « cibler » et « gérer » les risques liés à l'eau en vue d'atteindre un niveau de risque acceptable tout en optimisant le bien-être social à long terme. Dans le même temps, certaines politiques de l'eau et en rapport avec l'eau peuvent faire obstacle à une adaptation efficace et efficiente en faussant les signaux du marché ou en maintenant des incitations préjudiciables (mesures subventionnant l'approvisionnement en eau de certains utilisateurs ou encourageant l'aménagement de zones à haut risque d'inondation, par exemple). Ces politiques devraient être révisées et ajustées à la lumière du changement climatique et de ses incidences sur la sécurité de l'eau.

Pour gérer convenablement les risques liés à l'eau, il faut une panoplie de mesures appropriée comprenant des dispositions réglementaires, des moyens d'action fondés sur l'information et des instruments économiques. Le tableau 4.1 en donne quelques exemples. Ce chapitre examine de plus près la manière dont plusieurs instruments économiques peuvent faciliter une adaptation plus efficace et rapide des hydrosystèmes et présente plusieurs exemples d'applications récentes. Si l'on a choisi de s'intéresser en particulier aux instruments économiques, c'est parce qu'ils ont tendance à être insuffisamment pris en compte dans les débats à la fois sur les politiques de l'eau et les politiques d'adaptation au changement climatique. En conséquence, ils sont souvent mal compris ou mal appliqués dans la pratique. Une partie des travaux publiés sur l'adaptation

Tableau 4.1. **Exemples d'instruments de la politique de l'eau permettant de gérer les risques dans le domaine de l'eau**

	Réglementaires	Économiques	Fondés sur l'information
Risque de **pénurie** (y compris sécheresses)	• Restrictions d'eau (ex. : interdiction d'arrosage) • Affectation de l'eau par l'administration • Limitation des prélèvements d'eau	• Tarification de l'eau • Échanges de droits sur l'eau (marchés de l'eau, banques d'eau, contrats d'option en cas de sécheresse, etc.) • Paiements pour services écosystémiques • Programmes de microfinancement (investissement dans des réservoirs d'eau de pluie, etc.)	• Campagnes d'information et de sensibilisation pour promouvoir les économies d'eau • Alertes et informations sur les sécheresses
Risque de **qualité**	• Normes de qualité de l'eau • Permis de pollution	• Redevances et taxes de pollution • Permis de polluer négociables • Paiements pour services écosystémiques	• Campagnes d'information et de sensibilisation • Assistance technique pour améliorer les techniques agricoles (en vue de minimiser leurs impacts négatifs sur l'eau)
Risque d'**excès** (y compris inondations)	• Planification de l'occupation des sols, restrictions de zonage • Normes et règlements de construction	• Assurance contre les inondations • Partenariats public-privé (pour la construction de structures de protection contre les inondations) • Paiements pour services écosystémiques	• Cartes des zones inondables • Systèmes d'alerte précoce
Risque pour la résilience des **systèmes d'eau douce**	• Débits écologiques minimums	• « Rachat » de droits d'utilisation de l'eau pour maintenir des flux écologiques adéquats	• Promotion de la sensibilisation à la valeur des services écosystémiques rendus par l'eau douce

au changement climatique rapportée à l'eau souligne le potentiel des instruments économiques en la matière, mais on manque encore d'analyses et d'exemples de la façon dont ces instruments pourraient être utilisés pour répondre aux défis de l'adaptation. L'objectif du présent chapitre est de contribuer à combler ce déficit. Il met également en exergue une partie des problèmes de financement rencontrés dans l'adaptation des hydrosystèmes et aborde certaines approches nouvelles visant à y répondre.

Gouvernance adaptative de l'eau

Les instruments qui conviennent le mieux dans un contexte donné et leur fonctionnement dans la pratique sont fortement conditionnés par les cadres institutionnels et les dispositifs de gouvernance en place. Des institutions morcelées et une gouvernance pluriniveaux mal gérée font obstacle à l'amélioration de la gestion de l'eau, en particulier lorsque, comme c'est généralement cas, la gestion des ressources en eau et la fourniture des services d'eau relèvent d'autorités régionales, locales et établies au niveau des bassins hydrographiques (OCDE, 2011a). Une gouvernance publique efficace est donc impérative pour la bonne mise en œuvre des instruments d'action (limitation des prélèvements, tarification, échanges de droits, etc.). Il est également indispensable de garantir un financement viable et d'inciter à utiliser efficacement les fonds (OCDE, 2011a).

Si les efforts d'adaptation au changement climatique peuvent être l'occasion de réviser, voire d'améliorer les dispositifs existants de gouvernance de l'eau, ils sont aussi susceptibles d'accentuer les difficultés horizontales (entre domaines d'action) et verticales (entre niveaux d'administration) de la gouvernance pluriniveaux. Ainsi, dans beaucoup de pays de l'OCDE, un cadre stratégique pour l'adaptation a été élaboré par le biais de prescriptions établies à l'échelon national, mais c'est à l'échelon local que les impacts du changement climatique sur les ressources en eau se feront sentir. La mise en œuvre d'un grand nombre de mesures d'adaptation sera nécessairement locale par nature, même si elle sera régie par des cadres d'action et des institutions en place à différents niveaux (supranational, national, régional et local). Les modes de développement au niveau local déterminent l'exposition et la vulnérabilité aux risques liés à l'eau (par exemple, la planification de l'occupation des sols influence le risque d'inondation). Le contexte global de l'action des pouvoirs publics peut entraver ou au contraire favoriser une gestion efficace des risques liés à l'eau au niveau local (partage des coûts entre les différents niveaux d'administration pour la protection contre les inondations ou le stockage de l'eau, etc.). La façon dont les dispositifs institutionnels existants influencent la répartition des coûts et avantages de l'adaptation entre les niveaux d'administration et entre les secteurs public et privé aura une incidence importante sur le type d'adaptation qui aura lieu, ainsi que sur les endroits et les moments où elle aura lieu.

Pour une adaptation efficace, il est également impératif d'assurer la coordination entre les acteurs de la politique climatique et ceux de la politique de l'eau. En effet, la participation et l'expertise des seconds sont essentielles pour faire des ressources en eau une thématique ou un domaine prioritaire dans l'élaboration des stratégies et des programmes d'adaptation nationaux ou infranationaux. Parallèlement, la prise en compte systématique de l'adaptation au changement climatique dans les stratégies, la planification et les politiques de l'eau nécessite d'intégrer l'expertise et les connaissances de la communauté des climatologues et pourrait également profiter d'orientations ou d'outils élaborés pour l'adaptation au changement climatique en général.

Outre les problèmes de la gouvernance pluriniveaux, le changement climatique pose des difficultés supplémentaires pour les dispositifs existants de gouvernance de l'eau. Un climat non stationnaire, le rythme potentiellement rapide du changement et l'existence éventuelle de points de basculement aux effets irréversibles font de la souplesse un précieux atout et exigent une approche dynamique et axée sur l'avenir traitant expressément les incertitudes. Un des défis tient à la nécessité d'exploiter au mieux des données scientifiques en constante évolution et qui se caractérisent par une incertitude significative. Comme indiqué au chapitre 1, les lacunes importantes dans les données disponibles font qu'il est difficile d'éclairer correctement les décisions d'adaptation concrètes à prendre pour l'eau au niveau local, et appellent parfois des approches et pratiques nouvelles (exemples au chapitre 2). La communication entre les scientifiques et les décideurs revêt une importance particulière et il reste encore beaucoup à faire pour faciliter l'utilisation des connaissances scientifiques relatives au climat dans les décisions pratiques d'adaptation des hydrosystèmes ainsi que pour en améliorer la pertinence.

Les échéances longues propres à la planification de l'adaptation, conjuguées au fait que les mesures prises imposent des coûts initiaux et procurent des avantages différés (en termes d'impacts climatiques évités, souvent difficiles à quantifier), représentent également des défis pour les institutions et leurs cycles de planification et d'élaboration des politiques. L'adaptation au changement climatique recèle aussi un potentiel important d'apprentissage : à mesure que la base de données scientifiques s'améliore, de nouvelles approches de l'adaptation sont mises au point et une expérience pratique est acquise. Il est indispensable de disposer de mécanismes adéquats pour transmettre les nouvelles connaissances et les retours d'information issus d'expériences locales afin d'étayer l'élaboration des politiques au niveau national.

Pour faire face aux défis posés par le changement climatique et d'autres facteurs de risques liés à l'eau, la gouvernance « adaptative » de l'eau fait l'objet d'une attention croissante car elle constitue un moyen d'augmenter la flexibilité et de gérer les incertitudes attachées aux tendances à long terme. Dans le cadre du Programme Delta, les Pays-Bas, ont adopté une approche baptisée « gestion adaptative du delta » qui consiste en « un processus décisionnel par étapes prenant expressément en compte l'incertitude des évolutions à long terme de manière transparente » (Programme Delta, 2012) (encadré 4.1). Si la mise en œuvre de la gouvernance « adaptative » de l'eau en est encore au stade préliminaire, il s'agit d'un domaine essentiel qu'il sera intéressant d'étudier davantage à l'avenir.

Les problèmes d'économie politique auxquels se heurte la réforme des politiques de l'eau sont des obstacles potentiels à une adaptation efficace qu'il convient de ne pas sous-estimer. Les résultats des politiques antérieures constituent en effet des obstacles importants aux réformes (droits d'utilisation historiques de la terre et de l'eau, infrastructures existantes, attentes des parties prenantes, etc.). Si les crises sont susceptibles de créer une légitimité politique ou des occasions de mettre en place des réformes dans le domaine de l'eau, elles ne sont en aucun cas une condition *sine qua non* de ces réformes (Winpenny, 2011). Outre les crises directement liées à l'eau, les décideurs peuvent également mettre à profit d'autres types de crises (économiques notamment) et des réformes radicales (transitions politiques, par exemple) pour améliorer les politiques de l'eau. Dans le cas de l'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau, les phénomènes météorologiques exceptionnels qui font des victimes et des dégâts

Encadré 4.1. **Gestion adaptative du delta aux Pays-Bas**

Aux Pays-Bas, les changements socio-économiques futurs et l'évolution du niveau de la mer, de la subsidence des sols, du débit des cours d'eau et des régimes pluviométriques sont très incertains. Pour y faire face, le Programme Delta a recours à une « gestion adaptive du delta », qui recherche activement des stratégies flexibles et souligne la valeur ajoutée d'une telle flexibilité. La gestion adaptative consiste non à reporter certaines décisions ou mesures sous prétexte de l'existence d'incertitudes, mais à prendre les bonnes décisions au bon moment. Elle encourage une approche intégrée de la programmation des tâches et réduit le risque de surinvestissement ou de sous-investissement dans la maîtrise des futurs risques d'inondation et l'approvisionnement en eau douce.

Penser à long terme ne signifie pas prendre des mesures aujourd'hui pour les 50 ou 100 prochaines années. Les solutions doivent pouvoir évoluer au fur et à mesure que les connaissances et les circonstances évoluent. Il est cependant recommandé de s'assurer que les solutions pourront être mises en œuvre pour un coût raisonnable lorsqu'elles seront nécessaires, et à plus court terme, de prendre les premières mesures utiles dans tous les cas de figure (mesures « sans regret »).

Points clés de la gestion adaptative du delta :

- rattacher les décisions à court terme à la programmation des tâches à plus long terme ;
- ajouter de la flexibilité dans les stratégies de réponse potentielles (lorsque cela s'avère efficace) ;
- faire appel à plusieurs stratégies pouvant être appliquées en alternance (par ex. différentes trajectoires d'adaptation) ;
- corréler différents programmes d'investissement.

La mise en œuvre de cette approche s'articule autour de trois étapes principales. En premier lieu, il est essentiel de déterminer quels sont les développements à court terme qui influent sur la programmation des tâches à long terme concernant la gestion du risque d'inondation et l'approvisionnement en eau douce. Il convient ensuite d'avoir une vision claire du niveau de souplesse des solutions potentielles en matière de programmation des tâches (par exemple, sont-elles faciles à mettre en œuvre progressivement et à ajuster aux évolutions effectives ?). Enfin, il importe de déterminer les décisions à prendre à court terme pour permettre l'adoption d'une approche adaptative.

Lors de l'élaboration des différentes « trajectoires d'adaptation », il convient d'étudier d'une part, les circonstances dans lesquelles il serait logique de basculer d'une approche à une autre, et d'autre part, la manière de conserver ouvertes les différentes possibilités pour permettre cette transition dans la pratique. Les trajectoires d'adaptation comportent à la fois des décisions « sans regret » et des décisions « permettant d'éviter les regrets » (mesures devant être mises en œuvre pour éviter une situation où le passage à une ligne d'action différente serait impossible ou aurait un coût exorbitant) à court terme. Les trajectoires de développement constituent un moyen très efficace pour déterminer le type de mesure à prendre, à quel moment, et la façon dont la programmation des tâches à long terme influe sur les décisions à court terme.

Cette approche a déjà été appliquée pour plusieurs sous-programmes Delta. Ainsi, le sous-programme de l'estuaire du Rhin-Drechtsteden a élaboré des trajectoires d'adaptation et défini précisément le moment où les interventions seraient nécessaires (« points de basculement »), à la lumière de la gestion des risques d'inondation (par exemple, lorsque certaines digues ne sont plus aux normes) et de l'approvisionnement en eau (par exemple, salinisation des points de captage).

Encadré 4.1. **Gestion adaptative du delta aux Pays-Bas** *(suite)*

Afin de prendre en considération de manière systématique la valeur ajoutée de la flexibilité dans l'évaluation des stratégies relatives au Delta, le Bureau néerlandais d'analyse de la politique économique étudie différentes possibilités pour développer une méthode simple et applicable à large échelle, qui intègre de façon structurelle cette valeur dans l'analyse économique.

Source : Delta Programme (2012), « Delta Programme 2013: Working on the delta – the road towards the Delta Decisions », The Netherlands Ministry of Infrastructure and the Environment and Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation, *www.deltacommissaris.nl/english/Images/Delta%20Programme%202013%20EN_tcm310-334162.pdf* (consulté le 22 mars 2013).

importants peuvent être un catalyseur plus puissant pour l'action que l'accumulation de données scientifiques et économiques sur le changement climatique.

Améliorer les incitations en faveur de la gestion des risques et rendre plus flexible la politique de l'eau

La gestion économique de l'eau repose sur deux principes fondamentaux : l'efficience et l'équité (Grafton, *à paraître*). L'efficience vise à optimiser le bien-être découlant d'une ressource en l'affectant à l'usage économique qui possède la plus forte valeur. L'équité porte sur la répartition des ressources au sein d'une population donnée. Dans un contexte de risques et d'incertitudes, l'efficience adaptative est un autre facteur important. Elle consiste à rechercher le moyen le moins coûteux de maximiser le bien-être social à long terme tout en tenant compte de la complexité des ressources, des difficultés de prévision, des effets de rétroaction et de la dépendance au sentier (Marshall, 2005).

Les instruments économiques peuvent contribuer à atteindre ces deux objectifs. Ils influencent les comportements en modifiant les signaux du marché et non par une réglementation explicite (Grafton, *à paraître*). Par exemple, les redevances, la tarification et les échanges de droits sur l'eau peuvent réduire les pressions de base exercées sur les hydrosystèmes, renforcer leur résilience aux futurs impacts du changement climatique en favorisant l'efficience de l'utilisation de l'eau, redistribuer l'eau là où elle apporte le plus de valeur et mettre en évidence des options à faible coût.

Les instruments économiques peuvent également être utiles pour atteindre l'efficience adaptative nécessaire à la mise en œuvre de réponses dynamiques, décentralisées et souples à des circonstances en constante évolution, et pour gérer la variabilité, les risques et l'incertitude croissants. La tarification et les échanges de droits sur l'eau apportent une certaine souplesse et contribuent à minimiser les erreurs de calendrier des actions d'adaptation en signalant la rareté de l'eau et partant la planification optimale dans le temps des investissements pour accroître l'approvisionnement. Une tarification adaptée de l'eau peut encourager la mise en valeur d'autres sources d'approvisionnement en eau, contribuant ainsi à la diversification de ces dernières, et donc à l'amélioration de leur fiabilité. Bien conçus, les régimes d'assurance contre les inondations peuvent inciter à réduire l'exposition et la vulnérabilité aux inondations, à répartir efficacement le risque résiduel et à compenser l'impact économique des catastrophes liées à l'eau. Les incitations en faveur des approches écosystémiques et des infrastructures vertes peuvent permettre une adaptation efficace et économe et offrir plus de flexibilité pour gérer l'incertitude, en évitant ou en retardant la

mise en place d'infrastructures bâties à plus forte intensité de capital avec lesquelles il faudra vivre pendant longtemps, ou encore la modernisation coûteuse d'infrastructures existantes.

Bon nombre de ces instruments économiques sont utilisés couramment dans les politiques de l'eau et n'ont pas été conçus spécifiquement pour l'adaptation au changement climatique. Des travaux antérieurs réalisés dans le cadre de l'OCDE et ailleurs ont examiné le rôle joué par ces instruments dans la promotion de bonnes pratiques de gestion des ressources en eau en général. Cette section étudie les possibilités d'appliquer ces instruments plus systématiquement pour faciliter l'adaptation au changement climatique, non seulement en réduisant les pressions de base sur les hydrosystèmes, mais aussi en fournissant des outils flexibles et d'un bon rapport coût-efficacité pour faire face à la variabilité, aux risques et à l'incertitude croissants.

Régimes d'assurance contre les inondations

Les dispositifs d'assurance sont utilisés de longue date pour faire face à la variabilité climatique et aux risques météorologiques. La croissance démographique, la concentration d'actifs dans des zones à risque et le changement climatique sont autant de facteurs qui contribuent à la hausse des coûts des dommages dus aux inondations et qui posent des problèmes d'assurabilité (Swiss Re, 2012). Bien conçus, les régimes d'assurance contre les inondations peuvent inciter (par l'intermédiaire d'un signal-prix) à réduire l'exposition et la vulnérabilité à ces sinistres, surtout si des rabais sur les primes d'assurance sont accordés en cas de réduction des risques. Les indemnités versées en cas d'inondation peuvent compenser l'impact économique de la catastrophe et apporter les financements nécessaires pour remettre en état le capital endommagé et accélérer le rétablissement de la zone sinistrée. Parallèlement, les régimes d'assurance inondation ne doivent pas aller à l'encontre d'une bonne adaptation, par exemple en encourageant les aménagements dans des zones à haut risque et en minant les incitations à l'adaptation au changement climatique sur le long terme. Concevoir des régimes dont le prix traduit les risques effectifs mais qui restent abordables et offrent une couverture complète sera de plus en plus difficile et même parfois irréalisable en raison du changement climatique. Les incertitudes quant aux risques futurs d'inondation rendront de plus en plus complexe la tarification efficiente des assurances. En effet, avec la fin de la stationnarité, les références climatiques historiques constitueront un point de départ de moins en moins fiable pour concevoir des assurances contre les inondations.

Il existe différentes formes d'assurance contre les inondations, notamment l'assurance classique, basée sur l'indemnisation des dommages effectifs, mais aussi l'assurance indicielle. Le type de régime d'assurance et sa conception déterminent si et dans quelle mesure elle incite à réduire les risques et prend en compte certains problèmes tels que l'aléa moral, l'asymétrie de l'information et l'antisélection[1]. L'assurance classique indemnise l'assuré en cas de perte d'un bien matériel (habitation, commerce). Bien qu'elle soit conçue de manière à ce que la somme déboursée soit au final proche de la perte subie en réalité, elle crée une incitation perverse en ce qu'elle dissuade l'assuré de prendre des mesures de réduction des risques puisqu'il sait que les dommages seront indemnisés, d'où un aléa moral. L'assurance basée sur l'indemnisation des dommages effectifs met également en jeu une information asymétrique et peut donner lieu à une antisélection. En outre, le processus de règlement d'un sinistre peut s'avérer chronophage et coûteux, engendrant des frais de transaction importants (Agrawala et Fankhauser, 2008).

L'assurance indicielle peut apporter des réponses à certains problèmes liés à l'assurance classique. Elle donne lieu au versement d'une indemnité lorsqu'un élément déclencheur survient, mais n'indemnise pas une perte spécifique. Ces régimes d'assurance peuvent s'avérer plus adaptés pour gérer les risques dans le domaine de l'eau qui sont liés au changement climatique, car un certain nombre de conditions météorologiques peuvent être quantifiées et définies en tant qu'événement déclencheur au préalable. L'assurance indicielle réduit l'aléa moral en dissociant le paiement effectif et la perte effective, ce qui préserve l'incitation à réduire les risques. Néanmoins, cet élément peut aussi se révéler désavantageux, car les paiements versés ne suffisent parfois pas à couvrir les pertes. En revanche, étant donné qu'aucune évaluation ou vérification du préjudice effectif n'est nécessaire, les coûts de transaction sont moindres et le versement des indemnités s'en trouve accéléré. Ces caractéristiques sont donc particulièrement intéressantes dans le contexte des catastrophes (Agrawala et Fankhauser, 2008).

Les régimes d'assurance contre les inondations peuvent encourager la réduction des risques de différentes manières. La tarification différentielle appliquée par les assureurs en vue de décourager la construction dans les zones à haut risque s'est par exemple révélée efficace (GIEC, 2012). En plus d'inciter à la réduction des risques par l'intermédiaire des primes, les contrats d'assurance peuvent également exiger l'adoption de certaines mesures spécifiques de réduction de risques. Les régimes d'assurance exigent en outre une analyse des risques détaillée permettant à la fois d'éveiller les consciences et de fournir des informations précieuses (cartes des risques d'inondations, par exemple) pour étayer les mesures d'adaptation (ClimateWise, 2010). En règle générale, les assureurs vérifient également que les mesures de réduction des pertes exigées par les contrats ont effectivement été mises en place et sont respectées par leurs clients (Botzen et van den Bergh, 2008). Ils concluent parfois aussi des partenariats avec les pouvoirs publics et les collectivités en vue de mettre en place des cadres réglementaires appropriés et de promouvoir la réduction du risque d'inondation via la planification de l'occupation des sols, les normes et règlements de construction, les interventions en cas d'urgence et d'autres politiques publiques (Botzen et van den Bergh, 2008 ; ClimateWise, 2010).

Si des régimes d'assurance inondation bien conçus peuvent faciliter l'adaptation, la hausse des risques d'inondation dus au changement climatique et à d'autres facteurs constituent des enjeux importants pour ces régimes. Tout d'abord, les phénomènes météorologiques majeurs sont plus fréquents que par le passé, ce qui induit une hausse des pertes attendues et des indemnisations, et réduit le temps dont disposent les assureurs pour compenser les coûts (Agrawala et Fankhauser, 2008 ; Thomas et Leichenko, 2011 ; GIEC, 2012). Du fait de cette tendance, il est de plus en plus difficile de faire en sorte que les tarifs des assurances restent abordables tout en reflétant les risques effectifs. Il en résulte un renchérissement qui limite le taux de couverture d'assurance dans les cas où il n'existe pas d'obligation d'assurance. Les primes subventionnées peuvent faire progresser ce taux dans certaines régions, mais aussi entraîner un déséquilibre entre les recettes tirées des primes et le montant des indemnisations (Botzen et van den Bergh, 2008).

L'incertitude quant à la situation future engendre également des obstacles majeurs pour les régimes d'assurance contre les inondations. Les références historiques constituant un indicateur moins fiable des tendances à venir, le prix des risques d'inondation futurs est de plus en plus difficile à déterminer. Malgré certaines avancées réalisées dans le domaine des prévisions, le secteur des assurances est confronté à un défi de taille : améliorer le degré de précision et de résolution des données sur les aléas et des

informations sur les impacts probables du changement climatique. Tant que ces impacts seront incertains, les compagnies d'assurance, qui elles-mêmes cherchent avant tout à minimiser les risques, pratiqueront des prix excessifs pour les risques climatiques et refuseront peut-être de couvrir certains risques qui, dans d'autres circonstances, seraient assurables (Agrawala et Fankhauser, 2008). De plus, dans la plupart des pays, le secteur des assurances est fortement réglementé, surtout pour ce qui est des tarifs des primes, de sorte que les assureurs ne sont pas vraiment libres d'ajuster ces dernières à la lumière de nouveaux éléments sur les risques liés au changement climatique (Thomas et Leichenko, 2011). D'une manière générale, ces difficultés peuvent réduire la disponibilité des assurances et limiter les possibilités de les employer comme outil pour faciliter l'adaptation.

Des politiques publiques pourraient être nécessaires pour régler certains de ces problèmes et faciliter un partage des risques d'inondation entre les assureurs et les pouvoirs publics. Elles peuvent par exemple prendre la forme de mesures financées sur fonds publics pour ramener les risques (et donc les primes) à un niveau acceptable (et donc assurable) (Agrawala et Fankhauser, 2008). On retrouve cette approche dans l'accord conclu entre le gouvernement et le secteur de l'assurance au Royaume-Uni, baptisé *Statement of Principles* (déclaration de principes), par lequel les assureurs se sont engagés à continuer d'assurer leurs clients déjà assurés contre les risques d'inondation même lorsque ceux-ci sont élevés, en contrepartie de quoi l'Agence de l'environnement britannique a annoncé la mise en place de mesures de réduction de ces risques dans un délai de cinq ans. Un système stratifié public-privé, qui consisterait pour les assureurs privés à couvrir les dommages dans une certaine limite avant que l'État prenne le relais, a également été proposé comme alternative pour assurer les risques accrus (Kunreuther, 2006 ; Litan, 2006 ; Botzen et al., 2009, dans Thomas et Leichenko, 2011). En revanche, un recours plus large aux primes d'assurance subventionnées peut réduire l'incitation à abandonner certaines activités dont la viabilité est progressivement menacée par le changement climatique (Skees et al., 2008, *in* Agrawala et Fankhauser, 2008).

Dans les pays de l'OCDE, plusieurs approches ont été appliquées pour gérer les dommages dus aux inondations, chacune répartissant les risques entre les secteurs public et privé de manière différente. Le tableau 4.2 synthétise les caractéristiques des dispositifs adoptés aux Pays-Bas, au Royaume-Uni, en France et en Allemagne. Cette section présente en outre plusieurs exemples de dispositifs mis en place pour traiter les risques d'inondation au Royaume-Uni, aux États-Unis, en France et dans les États des Caraïbes, ainsi que les mesures de révision ou de modification prises pour faire face aux risques croissants dus au changement climatique et aux facteurs socio-économiques.

Tableau 4.2. **Dispositifs contre les dommages dus aux inondations aux Pays-Bas, au Royaume-Uni, en France et en Allemagne**

Type de dispositif	Pays-Bas	Royaume-Uni	France	Allemagne
Couverture privée disponible	Non	Oui	Oui	Oui
Différentiation des primes	s.o.[1]	Oui	Non	Oui
Réassurance publique	s.o.[1]	Non	Oui	Non
Régime d'indemnisation public[2]	Oui	Non	Non[3]	Oui

1. Sans objet car aucune couverture privée n'est généralement disponible.
2. N'implique pas de droit à indemnisation.
3. De toute évidence, le régime de réassurance public est (en partie) financé par les impôts.

Source : Botzen, W.J.W. et J.C.J.M. van den Bergh (2008), « Insurance Against Climate Change and Flooding in the Netherlands: Present, Future, and Comparison with Other Countries », *Risk Analysis*, vol. 28/2, Wiley-Blackwell, *http://dx.doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01035.x*.

Étude de cas : coopération entre secteurs public et privé pour gérer le risque d'inondation au Royaume-Uni

Le Royaume-Uni compte parmi les très rares pays où il existe un marché privé de l'assurance du risque d'inondation. Les autorités ne versent aucune indemnisation en cas de dommage provoqué par une inondation, contrairement à ce qui se passe dans de nombreux autres pays (Botzen et van den Bergh, 2008 ; ClimateWise, 2010). Plus de 5 millions de personnes en Angleterre et au pays de Galles vivent ou travaillent en zone inondable. En réponse aux inquiétudes soulevées par l'augmentation des dommages dus aux inondations, l'association des assureurs britanniques (Association of British Insurers – ABI) et les pouvoirs publics ont signé en 2002 un accord baptisé *Statement of Principles* (SoP, déclaration de principes), dont l'objectif est de garantir une gestion efficace du risque d'inondation ainsi que le maintien d'assurances à prix compétitif pour les particuliers et les petites entreprises. Aux termes de cet accord, dont la dernière révision a eu lieu en 2008, les adhérents de l'ABI s'engagent à continuer de proposer aux particuliers et aux petites entreprises, dans le cadre de leurs polices d'assurances standard, une assurance contre les risques d'inondation lorsque ces risques ne sont pas significatifs (par exemple, lorsque la probabilité annuelle de réalisation du risque n'excède pas 1 sur 75). Les assureurs se sont également engagés à continuer de proposer une assurance contre les inondations à leurs clients à haut risque déjà assurés, à condition que l'Agence de l'environnement prévoie des mesures pour ramener les risques pour ce type de clients en dessous des niveaux significatifs dans un délai de cinq ans (HM Government, 2008).

L'analyse réalisée par ClimateWise (2010) a dégagé plusieurs enseignements de l'expérience du Royaume-Uni. L'une des grandes réussites du SoP a été la promotion d'une stratégie à long terme de gestion des risques d'inondation qui prend en considération l'impact du changement climatique. Le SoP a également joué un rôle moteur dans l'amélioration du cadre législatif relatif à la gestion des risques d'inondation en Angleterre et au pays de Galles, via la promulgation de la loi sur la gestion de l'eau et des inondations (*Floods and Water Management Bill*). La coopération entre les assureurs et les pouvoirs publics s'est en outre avérée efficace pour favoriser une collaboration pluriniveaux. En effet, les différentes activités entrant en jeu dans le SoP, en matière de cartographie des risques d'inondation, de politique de planification, de stratégie d'investissement, de résilience à l'échelle des biens et d'accès à l'assurance, ont stimulé la collaboration entre professionnels du secteur, agents publics et experts en vue d'améliorer la gestion des risques d'inondation.

Cependant, une telle collaboration entre les professionnels du secteur et les pouvoirs publics peut entraîner des distorsions du marché susceptibles d'avoir des effets néfastes sur les efforts de réduction des risques. Par exemple, le fait de maintenir l'assurabilité de certains biens malgré leur forte exposition aux risques peut saper les mesures visant à inciter les propriétaires à améliorer la résistance de leurs biens aux inondations. Par ailleurs, un tel accord consistant à conserver les dispositifs existants couvrant des biens à risque significatif pourrait freiner l'élaboration d'assurances inondation spécialisées et plus appropriées à ce type de biens. Enfin, si la tarification en fonction du risque a été encouragée par les deux parties, son application s'est révélée difficile (ClimateWise, 2010). Le SoP prenant fin au 30 juin 2013, les pouvoirs publics et l'ABI négocient actuellement les prochains dispositifs de partage des risques. À l'évidence, un certain nombre de questions

complexes devront être réglées quant à l'équilibre entre le rôle joué par les pouvoirs publics dans la réduction des risques d'inondation et celui tenu par les assureurs dans le transfert des risques résiduels.

Étude de cas : réforme du Programme national d'assurance contre les inondations aux États-Unis

Le Programme national d'assurance contre les inondations des États-Unis (*National Flood Insurance Program*, NFIP) a été mis en place en 1968 pour proposer aux propriétaires fonciers une assurance inondation subventionnée par le gouvernement fédéral et pour faciliter l'encadrement de l'occupation des sols dans les zones inondables (FEMA, 2012). La participation à ce programme est obligatoire pour les propriétaires ayant contracté un prêt hypothécaire garanti par le gouvernement fédéral dont le bien est situé dans une zone présentant un risque d'inondation au moins tous les 100 ans. Or, les importantes difficultés opérationnelles et financières que connaît ce programme depuis des années sont aujourd'hui exacerbées par l'accroissement des risques dû au changement climatique, et le préjudice sans précédent provoqué par l'ouragan Katrina en 2005 a renforcé les inquiétudes quant à la solvabilité financière du programme à long terme[2].

En effet, si le NFIP est censé être intégralement financé par les primes des assurés, sa conception n'est pas saine d'un point de vue actuariel (GAO, 2010). Un rapport de l'organisme fédéral de reddition des comptes de l'administration publique (Government Accountability Office) (GAO, 2010) pointe du doigt plusieurs caractéristiques structurelles restreignant la capacité du programme à gérer les risques de manière efficiente et à rester sain sur le plan budgétaire. Des réformes récentes ont permis de remédier à certains de ces défauts, notamment les dispositions réglementaires plafonnant l'augmentation des taux et l'impossibilité de rejeter les dossiers d'assurés à haut risque. De plus, les primes du NFIP n'étaient pas représentatives du risque réel d'inondation (près d'un propriétaire sur quatre bénéficiait de taux subventionnés) et le programme permettait à certains propriétaires de continuer à bénéficier de taux antérieurs ne reflétant pas les dernières évaluations des risques d'inondation concernant leur propriété. Par ailleurs, il n'était pas possible de refuser d'assurer des biens au motif d'une fréquence élevée des sinistres, alors même que les biens sinistrés de façon répétée représentaient 25 à 30 % des demandes d'indemnisation, mais seulement 1 % des polices souscrites (GAO, 2010).

Pour relever certains de ces défis, le Congrès des États-Unis a voté en juillet 2012 la loi Biggert-Waters sur la réforme des assurances contre les inondations (*Biggert-Waters Flood Insurance Reform Act*). Celle-ci prévoit plusieurs réformes qui pourraient faciliter l'adaptation aux impacts des inondations liées au changement climatique. Les principales dispositions portent sur la viabilité budgétaire du programme et la promotion d'une gestion plus efficiente des risques, et prennent expressément en compte les changements futurs en matière de risques d'inondation en se fondant sur les meilleures données scientifiques disponibles. L'analyse réalisée par Grannis (2012) souligne les dispositions clés de la loi, qui incluent notamment une augmentation annuelle de 20 % des primes (soit deux fois l'ancien plafond) et l'obligation de calculer ces dernières en se fondant sur la moyenne des sinistres annuels antérieurs, englobant les années de sinistres catastrophiques. Les subventions sont progressivement abandonnées pour un certain nombre de propriétés, notamment pour celles subissant des sinistres graves et répétés. En vue de promouvoir la viabilité budgétaire, un fonds de réserve a été créé. Les réformes autorisent par ailleurs l'Agence fédérale de gestion des situations d'urgence (Federal

Emergency Management Agency, FEMA) à mettre à jour la carte des tarifs d'assurance inondation pour qu'elle fasse apparaître les « évolutions futures du niveau de la mer, des précipitations et de l'intensité des ouragans », entre autres informations et données pertinentes. Enfin, l'assurance inondation à tarif réduit est étendue aux collectivités « ayant réalisé des avancées adaptées » dans la construction de structures contre les crues centennales (Grannis, 2012).

Ces réformes, qui représentent une avancée majeure dans l'amélioration de l'efficience et de la viabilité budgétaire du programme, sont déjà mises à l'épreuve. Le quotidien *New York Times* a en effet récemment publié des premières estimations indiquant que l'ouragan Sandy constituera le deuxième cyclone le plus coûteux des États-Unis en termes d'indemnisations versées par le programme (Lipton et al., 2012). D'après les estimations, les coûts pourraient se monter à 7 milliards USD alors même que la loi n'autorise le programme à creuser sa dette existante que de 3 milliards USD (Lipton et al., 2012).

Étude de cas : analyse des possibilités de réforme du régime français CatNat

En France, un partenariat public-privé a été constitué pour gérer le risque d'inondation. Si l'assurance des biens n'est pas obligatoire dans le pays, la couverture y est cependant quasiment universelle puisque 99 % des habitations sont assurées. L'assurance des véhicules est en revanche une obligation. Dans le cadre du régime CatNat, la couverture contre le risque d'inondation et autres aléas naturels[3] est obligatoire lorsque la propriété est assurée, moyennant une surprime sur l'assurance habitation fournie par des assureurs privés. Les pouvoirs publics ont fixé un taux uniforme pour la couverture de CatNat (12 % pour un contrat multirisque habitation, 6 % pour les véhicules), qui représente environ 1.3 milliard EUR par an (Bommelaer et al., 2011). Une partie des primes collectées par CatNat sont reversées au fonds Barnier, géré par l'État. Créé en 1995, ce fonds de prévention des risques naturels a été considérablement renforcé récemment, ses ressources étant passées de 2 à 12 % des primes CatNat entre 2007 et 2009. Les revenus du fonds pour 2010 sont estimés à 154 millions EUR, dont plus de 140 millions ont été alloués à la prévention des inondations. Sur la période 1982-2006, 60 % des indemnisations versées au titre de catastrophes naturelles (7.3 milliards EUR) concernaient des dommages dus aux inondations (Bommelaer et al., 2011). L'État propose également une réassurance à bas coût assortie d'une couverture illimitée par l'intermédiaire de la Caisse centrale de réassurance, garantie par l'État (Botzen et van den Bergh, 2008).

Le régime CatNat se fonde sur le principe de solidarité nationale, exprimé par trois éléments : i) le fait qu'un contrat d'assurance de dommages aux biens comporte obligatoirement la garantie contre les catastrophes naturelles, ii) le paiement par tous les assurés d'un taux uniforme pour les surprimes CatNat, et iii) la garantie de l'État apportée à la Caisse centrale de réassurance (Grislain-Letrémy et Peinturier, 2010 ; Bommelaer et al., 2011). L'obligation d'assurance des catastrophes naturelles permet de réduire les problèmes d'antisélection et de garantir une couverture quasi-universelle. Les dispositifs d'assurance comportent des abattements favorisant les mesures de réduction des sinistres, mais l'incitation à réduire les risques n'est pas optimale faute de primes différenciées (Botzen et van den Bergh, 2008).

Le changement climatique apporte son lot de questionnements quant à la viabilité du régime CatNat et à l'efficacité des mesures visant à encourager la réduction des risques (Letremy et Grislain, 2009). Des réformes du régime sont actuellement à l'étude en vue d'un possible ajustement des tarifs d'assurance afin de responsabiliser davantage les

particuliers et les entreprises vis-à-vis de leur exposition réelle aux risques. Le Sénat examine actuellement une proposition de loi pour permettre l'ajustement des taux.

Étude de cas : mutualisation des risques de pluies catastrophiques dans les Caraïbes

Le mécanisme d'assurance contre les risques de catastrophe dans les Caraïbes (*Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility*, CCRIF) est le premier (et le seul) dispositif plurinational et indiciel de mutualisation des risques au monde. Il s'agit d'un fonds régional apportant une couverture aux États des Caraïbes et conçu pour limiter l'impact financier en cas de catastrophe en fournissant rapidement des liquidités lorsqu'une mesure est déclenchée. Le CCRIF est un partenariat public-privé créé pour faire face aux dommages considérables causés par l'ouragan Ivan en 2004. Cette catastrophe a en effet engendré un préjudice se chiffrant en milliards de dollars dans les Caraïbes, et qui a même représenté près de 200 % du PIB à la Grenade et aux îles Caïmans. À la demande des Chefs d'État et de gouvernement de la Communauté des Caraïbes, et avec l'aide de la Banque mondiale, le CCRIF a été fondé pour mettre en place un programme de transfert des risques efficace et économe pour ses États membres (CCRIF, 2012a).

Le CCRIF propose une assurance indicielle : des fonds sont débloqués à la survenue d'un niveau prédéfini d'aléa et d'impact, ce qui minimise les retards et les coûts de transaction induits par une évaluation du préjudice sur place. En mai 2012, le CCRIF a présenté un dispositif intervenant en cas de précipitations excessives. Il travaille actuellement avec Swiss Re à la création d'un indice des précipitations afin d'étayer ce dispositif. Le CCRIF utilise des données générées par Swiss Re sur l'exposition et la vulnérabilité aux pluies excessives pour élaborer des profils de risque lié aux précipitations. Les primes d'assurance seront basées sur le risque et donc déterminées en fonction du profil de risque lié aux précipitations de chaque pays et des caractéristiques de la couverture choisie. Une fois les profils élaborés, le CCRIF discutera des options de couverture avec chaque pays individuellement et les polices d'assurance seront effectives dès que les niveaux de couverture auront été convenus (CCRIF, 2012b).

Les produits du CCRIF possèdent plusieurs caractéristiques qui préservent l'incitation pour les États à investir dans la réduction des risques. Ainsi, les primes sont basées sur des profils de risque qui sont estimés à partir d'une analyse des risques effectifs des pays. Le programme étant fondé sur un modèle indiciel, les indemnités potentielles ne couvrent pas tous les dommages possibles, ce qui incite parallèlement à prendre des mesures de réduction des sinistres. La mutualisation des risques présente l'avantage de diversifier ceux-ci, et donc de réduire considérablement le coût de la réassurance par rapport au prix que chaque État aurait dû payer en agissant individuellement (GIEC, 2012). Le versement rapide des indemnités à la suite d'une catastrophe permet de réduire le coût humain et financier d'un tel évènement. Cette démarche innovante de mutualisation des risques de catastrophe est très prometteuse et les enseignements tirés des premières phases devraient être utiles pour étayer de futures décisions d'adaptation.

Échanges de droits sur l'eau

Les échanges de droits sur l'eau sont l'un des instruments utilisés pour répartir la ressource et gérer les risques de pénurie (voir à l'encadré 4.2 l'exemple de recours à des lignes directrices opérationnelles pour atténuer les conséquences des sécheresses extrêmes et gérer la disponibilité en eau dans le bassin du Colorado, aux États-Unis). Cet outil peut favoriser une meilleure efficience de l'affectation ainsi qu'une approche souple

Encadré 4.2. **Approche coordonnée visant à conserver la souplesse nécessaire pour faire face à la pénurie d'eau dans le bassin versant du Colorado, aux États-Unis**

Près de 40 millions d'Américains dépendent du fleuve Colorado pour leur approvisionnement en eau potable, un chiffre qui devrait atteindre entre 49 et 77 millions à l'horizon 2060 (USBOR, 2012). Environ 2.2 millions d'hectares de terres sont cultivées dans le bassin versant du Colorado. D'après les projections des modèles climatiques, d'ici à la fin du siècle, le débit d'eau dans le bassin connaîtra un recul pouvant atteindre 20 % en raison de la baisse des précipitations et de la hausse des températures. À l'horizon 2060, les dispositions régissant l'affectation de l'eau du fleuve Colorado (notamment le Colorado River Compact et le Traité entre les États-Unis et le Mexique) ne seront respectées que 60 % du temps, au mieux (USBOR, 2012). D'ici à 2050, il est possible que la qualité de l'eau du fleuve soit dégradée par la sécheresse des sols, qui selon les prévisions, sera pire dans le sud-ouest du pays qu'au cours des sécheresses les plus sévères ayant frappé la région depuis un siècle, y compris les grandes tempêtes de poussière (*Dust Bowl*) des années 30 (Belnap et Campbell, 2011).

En 2007, le bassin hydrographique du Colorado est entré dans sa huitième année consécutive de sécheresse, la pire période de huit ans enregistrée depuis plus d'un siècle. Les réserves des retenues du Colorado ont diminué, passant de 94 % environ de leur capacité maximale en 1999, à 52 % en 2004. C'est la première fois qu'une sécheresse d'une telle ampleur se produisait dans l'histoire récente du bassin versant du Colorado. Les climatologues estiment qu'à l'avenir, de telles sécheresses sont susceptibles de se produire à nouveau. En mai 2005, le ministère de l'Intérieur américain a engagé une procédure publique d'élaboration de lignes directrices opérationnelles en vue d'atténuer les conséquences des sécheresses extrêmes et d'améliorer la disponibilité en eau dans la partie inférieure du bassin versant lorsque le niveau des réservoirs est bas.

Après deux ans et demi passés à organiser la collecte de données et d'avis auprès des parties prenantes (y compris les représentants des gouverneurs des sept États du bassin versant du Colorado), à analyser et à évaluer ces contributions, un compte rendu de décision a été signé en décembre 2007 par le secrétaire à l'Intérieur des États-Unis, lequel vise à concilier au mieux les activités d'approvisionnement en eau, de protection de l'environnement, de production d'hydroélectricité et de loisirs sur le fleuve. Ce compte rendu définit des lignes directrices provisoires qui resteront en vigueur jusqu'en 2025, dont l'objectif est d'assurer les utilisateurs de l'eau du Colorado ayant passé un contrat de la disponibilité d'eau en cas de sécheresse. Elles portent notamment sur les aspects suivants :

- la codification des niveaux du lac Mead qui définissent les états « normal », « excédentaire » et « en pénurie » aux fins de l'approvisionnement en eau des États d'aval du bassin versant. Le compte rendu détermine la répartition de l'eau en cas d'excédent, mais aussi en cas de pénurie. Ces définitions visent à « apporter aux utilisateurs et aux gestionnaires de l'eau dans la partie inférieure du bassin versant une plus grande certitude quant au moment et à l'ampleur des réductions opérées dans l'approvisionnement en eau lorsque le niveau du réservoir est bas, pour cause de sécheresse ou pour une autre raison » ;
- l'instauration de quatre échelons opérationnels basés sur le niveau d'eau du lac Powell qui déclenchent le transfert d'un certain volume d'eau depuis le lac Powell vers le lac Mead, en vue de minimiser la pénurie dans les États d'aval du bassin versant tout en maintenant un niveau d'eau minimum dans le lac Powell. Les possibilités d'arbitrage entre les risques sont ainsi mises à profit via un « fonctionnement coordonné réduisant au minimum les pénuries d'eau en aval tout en évitant les risques de restrictions en amont » ;

Encadré 4.2. **Approche coordonnée visant à conserver la souplesse nécessaire pour faire face à la pénurie d'eau dans le bassin versant du Colorado, aux États-Unis** *(suite)*

- l'élaboration de règles pour la création, la comptabilisation et la fourniture d'« excédents créés intentionnellement » (*Intentionally Created Surplus*, ICS), « mécanisme destiné à favoriser et à prendre en compte l'augmentation et la conservation des approvisionnements en eau, qui minimiserait la probabilité de pénuries à l'avenir et leur gravité ».

Cet accord constitue une avancée de taille dans la gouvernance du fleuve Colorado et indique que les nombreux groupes d'intérêts du bassin versant sont capables de collaborer afin d'apporter une réponse aux risques, inquiétudes et besoins qu'ils partagent. La procédure publique visant à développer des idées pour faire face à la sécheresse dans le bassin a abouti à un consensus entre les différentes parties prenantes, lequel a pour objectif de « favoriser la conservation, prévoir les situations de pénurie, coordonner plus étroitement la gestion des lacs Powell et Mead, maintenir un degré de flexibilité pour faire face aux défis futurs que constituent le changement climatique et l'aggravation de la sécheresse, instaurer des règles de fonctionnement sur une période longue (*mais non permanentes*) afin d'acquérir une expérience précieuse, et continuer d'accepter l'aide du gouvernement fédéral pour « éclairer » (*mais non pour imposer*) les décisions dans le bassin versant » (USBOR, 2007).

Source : Étude de cas présentée par le Arizona Water Science Centre, États-Unis, d'après Belnap, J. et D.H. Campbell (2011), « Effects of Climate Change and Land-use on Water Resources in the Upper Colorado River Basin: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2010-3123 », *http://pubs.usgs.gov/fs/2010/3123* (consulté le 2 octobre 2012) ; USBOR (United States Bureau of Reclamation) (2012), « The Colorado River Basin Water Supply and Demand Study », *www.usbr.gov/lc/region/programs/crbstudy/finalreport/index.html* (consulté le 14 mars 2013) ; USBOR (2011), « Lake Powell Operations, Equalization and the Interim Guidelines », *www.usbr.gov/uc/rm/crsp/gc/Eq-IntGuide/Eq-IntGuidelines-Fact.pdf* (consulté le 2 octobre 2012) ; USBOR (2007), « Record of Decision, Colorado River Interim Guidelines for Lower Basin Shortages and the Co-ordinated Operations for Lake Powell and Lake Mead: Final Environmental Impact Statement », *www.usbr.gov/lc/region/programs/strategies/RecordofDecision.pdf* (consulté le 2 octobre 2012).

pour répondre à la demande future en eau et faire face aux incertitudes dans le contexte du changement climatique. Il existe différents dispositifs d'échange de droits sur l'eau, notamment les marchés des eaux de surface, les marchés des eaux souterraines, la vente aux enchères d'eau, et les banques d'eau (Dinar et al., 1997). Les échanges de droits permettent également une redistribution de l'accès aux ressources en eau dans le temps, en fonction de l'évolution des conditions, et notamment de celle des prix des produits de base, de l'état de l'environnement, de la demande et de la disponibilité en eau. Ils favorisent une répartition efficiente en permettant les transferts d'eau depuis des zones de surplus vers des régions où l'eau est rare d'une part, et depuis des utilisations à faible valeur ajoutée vers des utilisations à forte valeur ajoutée d'autre part. Enfin, ils incitent à utiliser l'eau de manière efficiente.

Le système de droits d'usage de l'eau qui sous-tend les dispositifs d'échanges peut également permettre un partage des risques plus équitable (encadré 4.3), notamment en établissant le droit à des parts proportionnelles dans le cadre d'une affectation globale, par opposition à des droits définis sur la base d'une appropriation prioritaire (« premier arrivé, premier servi »), qui fait peser un risque de pénurie disproportionné sur les porteurs de droits les plus récents. Les marchés des nouveaux produits dérivés sur l'eau, tels que les contrats de location et les contrats à terme, sont également susceptibles de constituer des

dispositifs plus souples pour couvrir les risques, mais l'expérience en la matière est à ce jour limitée.

Pour que les dispositifs d'échange de droits sur l'eau fonctionnent de manière efficace et efficiente, de nombreuses conditions doivent être remplies. En effet, les marchés des droits sur l'eau ne peuvent à eux seuls résoudre les problèmes environnementaux, économiques et sociaux liés à la répartition de l'eau entre les différents usages (OCDE, 2009). Des droits de propriété bien conçus et transférables sont impératifs, ce qui nécessite en général la dissociation des droits d'accès à la terre et à l'eau. Le total des droits alloués ne doit pas être excessif, afin de prendre en compte les besoins de l'environnement. L'établissement et la surveillance d'un marché capable de fonctionner nécessitent que les pouvoirs publics participent activement à la création et à l'arbitrage des droits d'usage de l'eau, qu'ils quantifient, suivent et régulent les effets négatifs sur des tiers et qu'ils apportent un soutien approprié sur le plan juridique et institutionnel (Dinar et al., 1997). Enfin, en fonction du contexte hydrologique, le coût relativement élevé des transferts d'eau et le manque d'infrastructures de transport est susceptible de limiter le volume des échanges.

Étude de cas : marchés de l'eau dans le bassin Murray-Darling en Australie

En Australie, le bassin Murray-Darling est l'exemple typique d'un marché de l'eau global ayant produit d'importants gains économiques. L'immense majorité des échanges a eu lieu entre irrigants, depuis des utilisations à faible valeur vers des utilisations à forte valeur ajoutée. D'après les estimations, malgré les sévères restrictions d'eau au cours de la récente sécheresse, les irrigants auraient engrangé entre 2006 à 2010 des bénéfices de 3.4 milliards AUD grâce aux échanges intrarégionaux et à l'augmentation de la flexibilité dans les exploitations induite par ces échanges, par rapport aux scénarios tablant sur l'absence de marché. Sur la même période, les échanges interrégionaux ont contribué à un gain de productivité agricole de 845 millions AUD supplémentaires (NWC, 2012).

Dans le cadre de l'initiative nationale sur l'eau (*National Water Initiative*, NWI), les échanges de droits sur l'eau permettent le transfert de droits d'accès à l'eau (permanents) et de quotas d'eau saisonniers (temporaires) entre différents acteurs. Ils permettent ainsi d'allouer les ressources peu abondantes aux utilisations les plus productives et de les réaffecter au fil du temps, en fonction de l'évolution des conditions. La NWI a également mis en place des mécanismes de partage équitable des risques de pénurie entre les utilisateurs en fixant les quotas en proportion de l'eau disponible[4]. Les pouvoirs publics ont adopté des règlements relatifs au marché de l'eau et aux redevances. À partir de 2014, les échanges seront encadrés en vertu de la loi de 2007 sur l'eau (*Water Act 2007*), ce qui améliorera le marché de l'eau en libéralisant les échanges dans le cadre de règles précises et en garantissant l'adéquation des signaux-prix.

L'un des principaux points faibles de l'Australie dans la perspective du changement climatique est la variabilité extrême des précipitations d'une année sur l'autre dans des régions fortement peuplées et revêtant une grande importance sur le plan agricole et environnemental. D'après les prévisions, les précipitations devraient se raréfier dans le pays au cours des décennies à venir, les baisses les plus importantes étant attendues dans le centre et le sud de l'Australie. Le pays devra en outre faire face à des sécheresses plus fréquentes. Une récente étude menée par Jiang et Grafton (2012) s'est intéressée au rôle des échanges de droits sur l'eau ainsi qu'aux incidences économiques du changement climatique et de la baisse des quantités d'eau de surface disponibles dans le bassin

Encadré 4.3. **Droits d'utilisation de l'eau et partage des risques : droits proportionnels ou appropriation prioritaire ?**

Dans le bassin hydrographique Murray-Darling, en Australie, le risque de pénurie est partagé de manière proportionnelle entre les utilisateurs d'eau. L'initiative nationale sur l'eau (*National Water Initiative*, NWI) de l'Australie a établi deux grands principes en matière de partage des risques découlant des changements dans la disponibilité en eau (Quiggin, 2011). Le premier principe est que les quotas d'eau sont exprimés en proportion des ressources disponibles et non sous la forme d'un volume défini. Ainsi, en cas de pénurie, tous les utilisateurs obtiennent généralement une certaine quantité d'eau, même si elle est inférieure au volume total reçu en temps normal. Toutefois, en cas de pénurie grave, il se peut que certains détenteurs de droits d'accès ne reçoivent pas d'eau du tout. Le second principe consiste à répartir le risque découlant de la baisse du volume d'eau disponible pour la consommation en fonction de la cause de cette évolution. Les modifications de la disponibilité en eau qui résultent de nouvelles connaissances sur la capacité hydrologique du système seront supportées par les utilisateurs, tandis que celles qui découlent de modifications des politiques publiques, par exemple de l'adoption d'une nouvelle politique environnementale, seront supportées par la collectivité, ce qui pourra donner lieu à des compensations pour les utilisateurs (Quiggin, 2011).

Dans un grand nombre d'États de l'ouest des États-Unis, le système de droits d'utilisation de l'eau est fondé sur l'appropriation prioritaire, qui débouche sur une échelle allant des détenteurs des droits les plus anciens à ceux des droits les plus récents. Ces droits sont octroyés par ordre chronologique de dépôt des demandes d'attribution d'une quantité d'eau destinée à un usage utile. Les demandes déposées en premier seront ainsi considérées comme plus anciennes (selon le principe du « premier arrivé, premier servi »). L'eau est donc allouée en fonction de l'ancienneté. En cas de sécheresse extrême, cependant, même les détenteurs les plus anciens peuvent ne pas recevoir tout leur quota. Lors d'une sécheresse moyenne, tous les détenteurs sauf les plus récents peuvent recevoir l'intégralité de leur eau. Ce système fait supporter aux utilisateurs les plus récents un risque plus important de pénurie d'eau, tandis que les utilisateurs plus anciens sont relativement protégés. Par rapport au système de l'appropriation prioritaire, des droits d'utilisation fondés sur des parts proportionnelles de la ressource disponible, comme en Australie, procurent davantage de souplesse dans l'utilisation de l'eau, incitent tous les utilisateurs à faire en sorte de préserver la ressource et assurent un partage plus équitable des risques de pénurie.

D'après Hanemann et al. (2012), qui ont analysé les ressources en eau en Californie dans la perspective du changement climatique, si les prévisions de forte baisse des débits des cours d'eau, d'augmentation de la variabilité et de hausse de la demande se concrétisent, le système actuel d'appropriation prioritaire à l'ancienneté basé sur les références hydrologiques historiques pourrait se heurter à une opposition politique croissante. Ce pourrait être l'occasion de changer le cadre des droits d'utilisation de l'eau (avec un délai de grâce et éventuellement des compensations), même si une telle évolution en Californie nécessiterait une réflexion et des études approfondies. En attendant, consolider les systèmes de droits existants en Californie permettrait à cet État de mieux s'adapter au changement climatique, ne serait-ce que par la création d'un cadre de référence en matière d'utilisation et d'approvisionnement, et par la production d'informations sur le rythme des changements survenant dans le secteur de l'eau (Hanemann et al., 2012).

Source : Hanemann, M., D. Lambe et D. Farber (2012), « Climate Vulnerability and Adaptation Study for California: Legal Analysis of Barriers to Adaptation for California's Water Sector », *Public Interest Energy Research (PIER) Program White Paper* ; Quiggin, J. (2011), « Managing Risk in the Murray-Darling Basin », *in* D. Connell et Q. Grafton (éd.), *Basin Futures: Water Reform in the Murray-Darling Basin*, Australia National University E-Press, pp. 313-326.

Murray-Darling. Selon ses conclusions, l'échange interrégional de droits durant les périodes de très faible disponibilité en eau réduit les effets négatifs du changement climatique sur les exploitations. Si les résultats montrent que les pertes pour l'agriculture irriguée sont modestes dans le scénario de changement climatique médian, le « scénario modifié de sécheresse extrême à l'horizon 2030 » conduirait à un recul substantiel de l'utilisation de l'eau, des terres irriguées et des bénéfices. Toutefois, à l'échelle du bassin, les répercussions économiques seraient proportionnellement moins importantes que la diminution de l'utilisation d'eau. Ainsi, l'échange de droits sur l'eau, accompagné du développement d'espèces tolérantes à la sécheresse et de meilleures pratiques agricoles, pourrait contribuer à adapter l'agriculture irriguée au changement climatique (Jiang et Grafton, 2012).

Étude de cas : banques d'eau et contrats d'option en cas de sécheresse dans l'ouest des États-Unis

Ces dernières années, l'ouest des États-Unis a accumulé une certaine expérience en matière de recours aux instruments de marché pour gérer les risques liés aux pénuries d'eau et aux sécheresses. Les banques d'eau et les contrats d'option en cas de sécheresse constituent des mécanismes qui facilitent des transferts d'eau volontaires et temporaires en période de sécheresse. Ces transferts ont lieu entre différents types d'utilisateurs (par exemple entre des agriculteurs et des villes ou des écosystèmes d'eau douce) ou entre des utilisateurs du même type (depuis des cultures à faible valeur vers des cultures à forte valeur, par exemple). Cet outil s'est avéré précieux pour transférer l'eau vers des usages à plus forte valeur et augmenter la fiabilité de l'approvisionnement pour les utilisateurs qui y attachent le plus d'importance (Colby et Pittenger, 2005). Si leur caractère temporaire fait des transferts des mécanismes efficaces pour gérer les pénuries périodiques, ils ne permettent en revanche pas seuls d'assurer un approvisionnement fiable sur le long terme ou l'adaptation aux évolutions au long cours des disponibilités en eau résultant du changement climatique ou d'une hausse de la demande (Colby et Pittenger, 2005 ; Hanemann et al., 2012). Dans le cas de la Californie, si la commercialisation de l'eau joue un rôle croissant dans la gestion de la variabilité, les transactions à long terme (locations ou ventes définitives) sont freinées par les coûts associés aux études environnementales et par le fait que les droits d'usage de l'eau d'un grand nombre de petits utilisateurs ne sont pas quantifiés (Hanemann et al., 2012).

Colby et Pittenger (2005) définissent les contrats d'option en cas de sécheresse comme des contrats permettant des transferts d'eau temporaires et volontaires en période de sécheresse. Les acheteurs payent un droit qui leur assure la possibilité d'un transfert d'eau si les conditions définissant une situation de sécheresse sont réunies. Lorsque ces conditions sont remplies, les acheteurs versent une somme fixe par mètre cube pour exercer leur option et recevoir le transfert d'eau. Si d'autres régions arides du globe possèdent déjà une expérience en matière de contrats d'option, ceux-ci ont joué un rôle croissant dans l'ouest des États-Unis ces dernières années. En 2003, près de 100 000 acres-pieds d'eau (plus de 123 millions de m^3) ont ainsi été transférés entre des irrigants de la vallée de Sacramento et le Metropolitan Water District de Californie du sud par l'intermédiaire de contrats d'option en cas de sécheresse. Ces types de contrats étant beaucoup plus onéreux que l'achat direct d'eau (souvent quatre fois plus chers), le coût de leur utilisation en vue d'assurer l'approvisionnement en eau doit être soigneusement soupesé par rapport aux bénéfices qu'ils fournissent en termes de fiabilité (Colby et Pittenger, 2005). Bien que plus

coûteux que les transferts d'eau permanents, ces contrats d'option sont fréquemment utilisés pour éviter les incidences à l'égard des tiers liés à la jachère permanente des terres agricoles.

Les banques d'eau remplissent un éventail de fonctions pour faciliter les transferts d'eau volontaires et temporaires. Généralement créées pour faire face aux situations de sécheresse, elles servent souvent à faciliter la négociation de transferts d'eau temporaires, notamment de contrats de location auprès d'irrigants. Les banques d'eau peuvent aussi stocker de l'eau pour un usage futur, comme c'est le cas de l'Arizona Water Banking Authority, dont l'objectif est de conserver de l'eau dans les aquifères les années d'abondance pour pouvoir l'utiliser les années de pénurie (Megdal, 2007).

Il existe des dizaines de banques d'eau régionales aux États-Unis. Le Bureau of Reclamation a ainsi créé en 2003 la Klamath Water Bank en vue de favoriser la réduction volontaire des dérivations d'eau, afin de maintenir un débit suffisant pour les populations de poissons menacées (Colby et Pittenger, 2005). Le système Idaho Water Bank, qui date des années 30, facilite quant à lui l'utilisation des droits sur les cours d'eau naturels ou l'eau stockée dans les réservoirs de l'Idaho. Les détenteurs de droits d'usage de l'eau peuvent donner leurs droits non utilisés à la banque, ce qui permet de louer l'eau à d'autres utilisateurs (Idaho Water Resource Board, 2012).

La California Emergency Drought Water Bank (DWB) est un mécanisme d'adaptation fondé en 1991 après l'une des plus graves sécheresses de l'histoire récente de l'État de Californie. La fonction de la DWB est d'acheter de l'eau, principalement auprès des utilisateurs agricoles et des agences de l'eau du nord de la Californie, pour la revendre aux villes et au secteur agricole en Californie du sud. En l'espace de quelques mois, la DWR a négocié 351 contrats pour l'achat de plus de 820 000 acres-pieds d'eau (plus de 1 milliard de m^3). Le prix d'achat était fixé à 125 USD par acre-pied d'eau (environ 1 200 m^3), revendu 175 USD pour couvrir les coûts de transaction liés au transfert (Colby et Pittenger, 2005).

L'analyse réalisée par Hanemann et al. (2012) relève plusieurs enseignements à tirer de l'expérience de la DWB. Si les transferts facilités par la DWB se sont avérés être des mesures d'adaptation utiles face aux pénuries, ils sont principalement temporaires et ne sont donc pas dans l'obligation de respecter les prescriptions de la loi californienne sur la qualité de l'environnement (*California Environmental Quality Act*). Rien n'indique d'ailleurs que les vendeurs auraient été prêts à transférer de l'eau sur plusieurs années. Les réponses temporaires ne représentent probablement pas une solution adéquate au cas où les pénuries d'eau se feraient plus fréquentes sous l'effet du changement climatique. En outre, de l'eau pompée dans les nappes souterraines a souvent été utilisée en remplacement des eaux de surface transférées à la banque d'eau, ce qui n'a fait que renforcer la tendance préexistante à la surexploitation des aquifères. En raison des opérations juridiques nécessaires pour faciliter les transferts, les coûts de transaction ont par ailleurs été élevés. Dans l'ensemble, la réduction des coûts de transaction et la facilitation de transferts d'eau à plus grande échelle sur le long terme, en modifiant et en appliquant mieux les droits d'utilisation des eaux de surface, constitueraient une réponse adaptative et bénéfique au changement climatique (Hanemann et al., 2012).

Tarification de l'eau

La tarification de l'eau peut encourager une utilisation efficiente de la ressource et générer des revenus pour financer les investissements dans les infrastructures de l'eau et

la fourniture des services. En règle générale, un prix juste de l'eau et des services connexes encourage à moins gaspiller, à moins polluer et à investir davantage dans les services de l'eau (OCDE, 2012a). La variabilité croissante des précipitations, la fréquence et l'intensité accrues des sécheresses ainsi que les incertitudes grandissantes quant aux conditions hydrologiques futures dues au changement climatique renforcent les arguments économiques en faveur d'une tarification efficiente de l'eau qui permette de réduire les gaspillages, d'encourager la diversification des sources d'approvisionnement et d'accroître le financement à consacrer à des besoins d'investissement qui risquent fort d'augmenter.

En dépit de ces arguments économiques solides en faveur d'une tarification efficiente de l'eau permettant une récupération durable des coûts, la plupart des structures tarifaires sous-estiment le prix de la ressource. Les autorités responsables de l'eau fixent souvent les prix sans prendre en compte correctement l'efficience, ce qui peut engendrer d'importantes pertes en matière de bien-être (Grafton, *à paraître*). De plus, la majorité des structures tarifaires existantes sont inadaptées, car elles se fondent sur des éléments passés (sur des coûts historiques) et non sur les éléments à venir (prise en compte des futurs coûts de remplacement). À mesure que le climat change, et que les normes environnementales et sanitaires sont durcies, il se peut que le coût de remplacement des infrastructures existantes augmente, rendant inévitable un relèvement des tarifs de l'eau pour répondre aux besoins croissants en financements.

La variabilité croissante de l'approvisionnement en eau ainsi que l'incertitude quant à la situation future créée par l'évolution du climat compliquent elles aussi une planification efficiente de l'amélioration de l'approvisionnement. Si les coûts d'une hausse de l'approvisionnement en eau sont généralement connus, la nature variable des ressources en eau fait qu'il est bien plus difficile de prévoir quand les investissements seront amortis (Hanemann, 2006 ; Grafton, *à paraître*). Ce problème sera exacerbé par le changement climatique, qui entraînera une variabilité et une incertitude accrues. Par exemple, si durant une longue période de faibles précipitations, il peut sembler judicieux d'investir massivement dans les infrastructures de l'eau, une hausse des disponibilités en eau causée par un retour de la pluie peut rendre l'augmentation de l'approvisionnement inutile.

En théorie, la tarification de l'eau peut également servir à refléter concrètement la valeur de rareté de l'eau et faire baisser la demande en période de pénurie. La tarification de la rareté peut indiquer le moment idéal pour investir dans les infrastructures de l'eau, de façon à augmenter l'approvisionnement de manière efficiente (Grafton, *à paraître*). En d'autres termes, la tarification de la rareté entraîne la hausse des prix en période de demande excessive provoquée par une sécheresse. Ces prix élevés rendent l'investissement dans les infrastructures de l'eau plus intéressant d'un point de vue économique, ce qui crée une incitation à augmenter l'approvisionnement en eau et nivelle l'offre et la demande en eau. Malgré ces arguments théoriques, la tarification de la rareté de l'eau n'a pas été appliquée concrètement à ce jour. Une autre solution pour améliorer l'efficience et le timing des investissements dans les infrastructures de l'eau consiste à recourir à une approche de la planification et de l'investissement fondée sur les options réelles, méthode qui suscite un intérêt grandissant dans les pays de l'OCDE.

Garantir le caractère abordable des services liés à l'eau est une autre considération importante à garder à l'esprit dans le processus d'amélioration de l'efficience de la tarification de l'eau. Les tarifs de l'eau peuvent être structurés de façon à prendre en

compte les besoins fondamentaux de tous les segments de la population (OCDE, 2012a), et le caractère abordable peut être garanti aux foyers à faibles revenus, de préférence par l'intermédiaire de transferts sociaux directs. Néanmoins, beaucoup reste à entreprendre pour faire accepter à la société la hausse des prix de l'eau à des niveaux efficients et mettre en pratique la tarification de la rareté.

Si un débat approfondi sur la complexité de la tarification de l'eau dépasse la portée du présent rapport, la section qui suit illustre à l'aide de quelques exemples comment une tarification plus efficiente peut faciliter l'adaptation au changement climatique. Ainsi, selon les cas, elle permet de réduire les gaspillages ou encore d'encourager la diversification des sources d'approvisionnement (recyclage de l'eau et réutilisation des eaux usées, etc.), ce qui renforce la résilience des hydrosystèmes à la variabilité accrue et aux périodes de pénurie prolongées. À l'inverse, une sous-tarification systématique de l'eau peut favoriser son utilisation excessive et freiner les investissements dans d'autres sources d'approvisionnement. Toutefois, la diversification des sources d'approvisionnement ne dépend pas seulement de la tarification. Les obstacles réglementaires peuvent aussi avoir une incidence, de même que les problèmes d'acceptabilité sociale. Les exemples d'Israël, de l'Australie et de l'Espagne apportent des éléments de réflexion pour envisager le rôle de la tarification de l'eau dans l'optique de l'adaptation au changement climatique.

Étude de cas : la tarification de l'eau promeut une utilisation efficiente et la diversification des sources d'approvisionnement en Israël

Avec la rareté croissante de l'eau, les tarifs de l'eau à usage agricole ont bondi d'environ 100 % au cours des dix dernières années en Israël. Ces hausses de prix ont entraîné une modification en profondeur de l'utilisation de l'eau en agriculture, et notamment l'adoption d'une irrigation au goutte à goutte et de cultures mieux adaptées, ainsi qu'un recours accru à d'autres sources d'eau. En conséquence, la consommation d'eau en agriculture a enregistré une baisse significative, et les sources d'eau salée et recyclée représentent désormais 50 % environ de l'eau d'irrigation. Malgré cette baisse significative, les gains d'efficience réalisés ont permis d'augmenter la production agricole. Le renchérissement de l'eau et l'usage accru d'autres sources ont ainsi stimulé l'innovation technologique, et les exportations de technologies de l'eau ont d'ailleurs augmenté d'environ 20 % par an (OCDE, 2010).

Les tarifs de l'eau à usage domestique ont été relevés de 40 % en 2010, principalement pour compenser les coûts des usines géantes de dessalement d'eau de mer[5]. Les particuliers sont soumis à une structure tarifaire progressive à deux tranches qui encourage à économiser la ressource. L'ajout d'une troisième tranche, assortie d'un tarif bien plus élevé et destinée aux gros consommateurs d'eau en période de sécheresse sévère, a été envisagé. Appliquée pour la première fois à l'été 2009, la taxe sécheresse s'ajoutait au prix de l'eau en cas de consommation excessive par rapport aux quantités affectées aux ménages. Cette taxe a cependant été suspendue début 2010 à la suite de protestations sociales, et n'a pas été réintroduite depuis lors (OCDE, 2011b).

Bien qu'Israël n'ait pas encore adopté la tarification de la rareté, la hausse des prix de l'eau associée à d'autres mesures (notamment un niveau distinct de sécurisation des volumes selon les sources d'approvisionnement) a considérablement amélioré l'efficience de l'utilisation de l'eau d'irrigation et accru le recours à d'autres sources d'eau. L'augmentation des tarifs de l'eau à usage domestique incite à économiser la ressource et

permet de couvrir les coûts de l'accroissement de l'approvisionnement. La diversification de l'approvisionnement en eau et les gains d'efficience rendent par ailleurs Israël moins vulnérable à la variabilité accrue des précipitations et aux sécheresses plus marquées. L'expérience d'Israël illustre enfin le défi que constitue l'introduction d'une tarification de la rareté, même dans des pays où l'opinion publique est fortement sensibilisée aux problèmes liés à l'eau.

Étude de cas : l'eau bon marché freine le développement d'autres sources d'approvisionnement. L'exemple de l'Espagne.

Pour faire face au recul de la disponibilité naturelle de l'eau et aux limites à l'augmentation des prélèvements d'eau sur les ressources « traditionnelles », l'Espagne mise de plus en plus sur la réutilisation et le dessalement de l'eau. De l'eau recyclée est ainsi utilisée dans les jardins publics, les terrains de golf et une partie de l'agriculture irriguée, mais aussi pour recharger les aquifères. Le potentiel de développement de l'eau recyclée à l'avenir est plutôt prometteur en Espagne, notamment grâce à la proximité entre zones fortement urbanisées et agriculture intensive dans certaines régions arides. Toutefois, pour que l'Espagne puisse amplifier le recours à l'eau recyclée, il est impératif, entre autres, que les tarifs traduisent correctement les coûts. En effet, le coût de production de l'eau recyclée est souvent supérieur aux niveaux de prix actuels, ce qui ralentit le développement de cette source d'approvisionnement (Fuentes, 2011).

L'Espagne est relativement bien placée pour tirer parti du dessalement, surtout le long de la côte méditerranéenne, territoire aride où les pressions exercées sur les ressources en eau sont particulièrement fortes. Cependant, la capacité de production de la filière du dessalement ne représente actuellement qu'une infime partie de l'approvisionnement en eau. Bien que le coût de production ait été divisé par deux au cours de la dernière décennie (d'après les estimations des pouvoirs publics), le coût du dessalement est par trop supérieur à celui des approvisionnements traditionnels, et les prix de l'eau dessalée sont subventionnés (Fuentes, 2011). D'une manière générale, l'expansion de l'approvisionnement en eau, qu'il soit traditionnel ou non, est freiné par les prix pratiqués actuellement.

Étude de cas : recherche de possibilités d'améliorer l'efficience et le calendrier des décisions d'augmentation de l'approvisionnement. L'exemple de Sydney, en Australie.

En 2007, la ville de Sydney, en Australie, a ébauché des plans pour la construction d'une usine de dessalement afin de répondre aux craintes de pénurie d'eau. Cependant, avant la fin de la construction de l'usine, la sécheresse a pris fin et la pression exercée sur les ressources en eau s'en est trouvée atténuée. Pour évaluer les effets sur le bien-être de l'investissement réalisé dans l'usine de dessalement, Grafton et Ward (2010) ont analysé la décision selon différentes combinaisons de prix volumétrique, de restrictions d'eau et d'augmentation de l'approvisionnement. Cette étude a conclu que les investissements dans le dessalement à Sydney avaient été réalisés prématurément, entraînant une perte de bien-être se chiffrant en centaines de millions de dollars par an. Ces pertes sont en partie dues aux coûts associés à l'application de restrictions d'eau obligatoires et aux tarifs volumétriques élevés de l'eau nécessaires pour couvrir les coûteux investissements engagés pour la construction prématurée de l'usine de dessalement (Grafton et Ward, 2010). Les auteurs de l'étude avancent que ces pertes auraient pu être évitées si une tarification volumétrique dynamiquement efficiente avait été adoptée pour faire face à la variabilité de la disponibilité en eau (Grafton et Ward, 2010).

Incitations en faveur des approches écosystémiques et des infrastructures vertes

Les approches écosystémiques de l'adaptation ont recours aux services fournis par la biodiversité et les écosystèmes pour s'adapter aux effets néfastes du changement climatique (CCNUCC, 2011). Parmi ces approches, citons la restauration de zones humides pour réduire la vulnérabilité aux inondations, ou l'amélioration de la gestion des bassins hydrographiques pour augmenter la qualité ou la quantité de l'eau. Les infrastructures vertes, quant à elles, s'appuient sur les systèmes naturels, comme la végétation ou le sol, pour gérer l'eau. Les approches écosystémiques et les infrastructures vertes peuvent être utilisées en combinaison avec des infrastructures traditionnelles, dites « grises », ou à la place ces dernières. Investissements « sans regret », offrant souvent de multiples avantages connexes (pour la biodiversité notamment), ces approches peuvent constituer une démarche efficace et économe pour gérer les incidences du changement climatique sur les hydrosystèmes. Ce peuvent aussi être des stratégies efficaces pour pallier l'incertitude car elles sont souvent d'une moindre intensité capitalistique et plus facilement réversibles ou adaptables que les solutions techniques, ce qui leur confère une valeur d'« option » supplémentaire. Elles peuvent également constituer un complément, modulable à différentes échelles, d'infrastructures bâties existantes, permettant ainsi des transformations progressives en fonction des besoins.

Les dispositions réglementaires, les moyens d'action fondés sur l'information et les instruments économiques peuvent servir à encourager le recours aux approches écosystémiques et aux infrastructures vertes. Parmi les mesures en question figurent notamment les incitations fiscales, la planification de l'occupation des sols et les paiements pour services écosystémiques. Cette section présente plusieurs exemples d'utilisation de ces différents types d'instruments.

Dans le cadre de l'adaptation au changement climatique, les approches écosystémiques et les infrastructures vertes font l'objet d'une attention croissante[6]. Si ces approches n'ont rien de nouveau, leur utilisation dans un objectif d'adaptation n'a pris de l'ampleur que récemment. Les problèmes que soulève la mise en œuvre de tels programmes dépendent des instruments adoptés. D'une manière générale, la mise en pratique de ces approches nécessite souvent une compréhension et une analyse approfondies de la valeur des services écosystémiques ainsi que des capacités institutionnelles suffisantes pour les mettre en œuvre et en assurer le suivi et le respect.

Étude de cas : réalimentation des nappes souterraines et gestion des eaux de pluie grâce aux espaces verts à Nagoya, au Japon

Depuis les années 70, la fréquence des précipitations intenses et localisées s'est accrue à Nagoya, la quatrième ville du Japon en termes de population, qui compte 2.2 millions d'habitants. Ces dernières années, l'urbanisation a considérablement empiété sur les espaces verts, ce qui a perturbé le cycle naturel de l'eau. L'imperméabilisation des sols, par exemple, réduit le volume d'eau de pluie s'infiltrant dans le sol. Les espaces verts ont connu une diminution significative ces dernières décennies, et ne représentaient plus que 25 % du territoire de la ville en 2005 (Yamada, 2010). L'augmentation des quantités d'eaux de ruissellement en cas de précipitations a amplifié la pression exercée sur les réseaux d'assainissement et les cours d'eau, et entraîné une hausse des dommages dus aux inondations. L'évapotranspiration est en recul, ce qui exacerbe la formation d'îlots de chaleur urbains (Kazmierczak et Carter, 2010 ; Yamada, 2010).

Pour faire face à ces problèmes, la ville de Nagoya a déployé des efforts afin de promouvoir l'utilisation d'infrastructures vertes. Des espaces aquatiques et verts favorisent la lutte contre les inondations, ont un effet rafraîchissant et préservent l'habitat de la faune et de la flore sauvages (Yamada, 2010). Le Plan de revitalisation du cycle de l'eau de la ville (qui s'inscrit dans la Stratégie de biodiversité) vise à faire passer le taux d'infiltration de l'eau dans les sols de 24 % actuellement à 33 %, et celui du ruissellement de 62 % à 36 % d'ici à 2050. Pour atteindre ces résultats, le programme mise sur la protection et l'augmentation des espaces verts, des toits végétaux, des revêtements de sol perméables ainsi que des mesures structurelles (Kazmierczak et Carter, 2010).

Nagoya s'appuie sur un ensemble d'incitations innovantes pour promouvoir son objectif : i) dans le cadre du programme de protection des espaces verts existants, la municipalité a recours à des accords de « prêt à usage » passés avec les propriétaires privés d'espaces verts en vue de préserver un environnement urbain agréable et donner aux habitants la possibilité de profiter de la nature environnante ; ii) un programme d'incitation en direction des promoteurs immobiliers autorise ceux-ci à accroître le volume de leurs constructions s'ils réduisent l'emprise au sol totale du site et permettent la création d'espaces verts continus (Kazmierczak et Carter, 2010) ; enfin, iii) afin de réduire la formation d'îlots de chaleur et de favoriser l'infiltration de l'eau, la ville a récemment rendu obligatoires la plantation d'arbres et la végétalisation de 10 à 20 % des parcelles pour tous les nouveaux projets immobiliers de plus de 300 m^2. Ce règlement est désormais une condition préalable à tout permis de construire (CABE, 2010).

Étude de cas : réduction des risques d'inondation par la restauration de zones humides et toits végétaux au Danemark

Plusieurs villes danoises ont recours aux infrastructures vertes et aux approches écosystémiques pour faire face aux fortes précipitations et au risque croissant d'inondation. Parmi ces démarches, citons notamment l'utilisation des zones humides pour réduire les risques d'inondation à Aarhus ainsi qu'une approche innovante des toits végétaux à Copenhague (Danish portal for Climate Change Adaptation, 2012).

Au Danemark, avec l'intensification des précipitations et la montée du niveau de la mer découlant du changement climatique, il est plus que jamais urgent de protéger les zones de faible altitude et densément peuplées contre les inondations. Le recours aux zones humides restaurées pour retenir l'eau pendant et après les épisodes pluvieux extrêmes, ainsi qu'à marée haute, est considéré comme une solution peu onéreuse pour relever ce défi. Récemment restaurée, la zone humide d'Egå Engsø sert à canaliser l'eau des fortes précipitations, et protège ainsi contre les inondations la zone de basse altitude et très peuplée des environs d'Aarhus, la deuxième ville du pays. Elle réduit en outre le lessivage de l'azote provenant des exploitations agricoles alentours (Danish portal for Climate Change Adaptation, 2012).

En 2007, après des mois de précipitations importantes conjuguées à la fonte de grandes quantités de neige, les systèmes de protection contre les inondations ont été mis à rude épreuve et des mesures d'urgence ont dû être prises afin de prévenir des inondations qui auraient pu avoir des conséquences économiques majeures. Cet évènement a mis en évidence la nécessité de nouvelles mesures de prévention. La création d'une nouvelle zone humide, Hede Enge, a alors été proposée en vue de réduire les risques liés aux épisodes de précipitations extrêmes, dont on prévoit qu'ils seront plus fréquents et plus intenses en raison du changement climatique. Le coût de ce projet se monterait

approximativement à 25 millions DKK, dont 80 % destinés à dédommager les propriétaires terriens expropriés. Cet exemple d'adaptation au changement climatique, considéré comme unique en son genre, illustre bien l'approche écosystémique de l'adaptation des hydrosystèmes (Danish portal for Climate Change Adaptation, 2012).

À Copenhague, un toit végétal innovant a retenu l'attention au niveau international. Le projet « 8 House », près du centre-ville, arbore deux toits verts fortement inclinés (respectivement 30 et 32 degrés) dont la vaste surface (1 700 m^2) est recouverte de sédums résistants à la sécheresse. Le complexe, qui abrite une garderie, 476 unités de logements, un café, des entreprises et des commerces, a rapidement éveillé la curiosité des touristes ainsi que l'intérêt des professionnels, qui viennent en étudier la conception sur place. Du point de vue de l'adaptation au changement climatique, le projet permet une gestion efficace des eaux de pluie, en atténuant les répercussions négatives des épisodes de fortes précipitations. Environ 80 % de l'eau de pluie qui s'abat sur les surfaces s'évapore, le reste est directement dirigé vers un bassin de rétention. Le toit a également pour fonction de combattre la formation d'îlots de chaleur (Danish portal for Climate Change Adaptation, 2012).

Étude de cas : gestion des eaux de pluie grâce aux toits végétaux et aux « bluebelts » dans la ville de New York, aux États-Unis

La ville de New York devrait connaître des inondations plus fréquentes de ses rues, sous-sols et réseaux d'égouts en raison de l'intensification des orages et de l'élévation du niveau de la mer liés au changement climatique. L'accroissement des quantités d'eaux pluviales et d'eaux usées représentera un vrai problème pour le réseau d'égouts de la ville. Celui-ci a été construit sur plusieurs centaines d'années et constitue essentiellement un réseau gravitaire. Les coûts irrécupérables qui y sont attachés sont considérables car il existe peu de latitude pour modifier les canalisations existantes, que ce soit en termes de diamètre ou d'inclinaison, sans engendrer des coûts faramineux et une interruption du service pendant la conversion. Cependant, certaines approches écosystémiques et basées sur des infrastructures vertes, jugées faisables, constitueraient des solutions d'un bon rapport coût-efficacité (NYCDEP, 2008).

Plusieurs initiatives ont été prises afin de promouvoir le recours aux infrastructures vertes pour la gestion des eaux pluviales, notamment l'utilisation accrue des paysages naturels pour le drainage et la maîtrise des ruissellements, la modification des règlements pour augmenter la récupération des eaux de pluie et la mise en place d'incitations en faveur d'infrastructures vertes. Depuis 2007, 1.5 milliard USD ont été alloués aux infrastructures vertes pour étendre les espaces verts de la ville et rendre son sol plus perméable en vue d'assainir les cours d'eau de New York. Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'objectif fixé par le maire de New York, M. Bloomberg, de faire de 90 % des cours d'eau de la ville, actuellement dégradés par un excès d'eau usées et de ruissellement, des lieux adaptés à la pratique d'activités de loisirs. La municipalité espère que cet investissement, conjugué à des infrastructures grises ciblées et performantes, permettra de réduire de 40 % les débordements des réseaux unitaires. Par rapport à une approche « entièrement grise », ce projet devrait représenter une économie de plus de 2 milliards USD pour les assujettis. En plus d'améliorer la qualité des cours d'eau de la ville, les infrastructures vertes présentent un certain nombre d'autres avantages, tels que l'amélioration de la qualité de l'air, la réduction de la demande en énergie, la baisse des émissions de carbone, l'expansion des habitats pour la faune, la hausse de la valeur des habitations ainsi que

l'atténuation de la vulnérabilité de la ville aux incidences du changement climatique (City of New York, 2011).

Pour développer l'utilisation des toits végétaux, la municipalité de New York a également recours à des incitations fiscales qui permettent de compenser en partie leur coût. Par ailleurs, la montée en puissance du programme « Bluebelt », qui vise à maîtriser les ruissellements à l'aide des paysages naturels, encourage une gestion des eaux de pluie performante. Ce programme préserve des couloirs de drainage naturels appelés « *bluebelts* » (« ceintures bleues »), notamment des ruisseaux, des étangs et d'autres zones humides, et partant leurs fonctions d'acheminement, de stockage et de filtrage des eaux de pluie, tout en offrant des espaces ouverts aux habitants et une diversité d'habitats à la faune et à la flore sauvages. D'après les estimations, le programme Bluebelt devrait permettre d'économiser des dizaines de millions de dollars par rapport à la construction d'un collecteur d'eaux de pluie traditionnel pour la même superficie (NYCDEP, 2008).

Le financement : pièges à éviter et prise en compte des valeurs d'option

Dans les pays de l'OCDE, le coût de l'adaptation au changement climatique risque d'aggraver le déficit de financement déjà important dans le domaine de l'eau. Les besoins d'investissements de ces pays sont considérables compte tenu des coûts énormes que représentent la modernisation de leurs systèmes, laquelle est nécessaire pour respecter les réglementations sanitaires et environnementales toujours plus contraignantes, maintenir un service de qualité dans le temps, faire face à la pollution et à la croissance démographique et, dans certains cas, corriger les effets de plusieurs années de négligence et de sous-financement. D'après les estimations, ces dépenses pourraient représenter entre 0.35 % et 1.2 % du PIB par an au cours des 20 prochaines années (OCDE, 2012a).

Les défis du financement de l'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau

Les coûts supplémentaires induits par l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique dépendront d'un ensemble de facteurs. La nature et l'ampleur des effets climatiques, le niveau de risque acceptable et la planification dans le temps des mesures d'adaptation sont autant d'éléments qui influeront de manière notable sur les coûts de l'adaptation et donc sur les besoins de financement. Les surcoûts liés à l'adaptation pourront parfois être insignifiants au regard de l'ensemble des coûts : dans le cas de la qualité de l'eau, par exemple, d'autres facteurs de perturbation sont susceptibles de jouer un rôle prépondérant. Dans d'autres cas, ces surcoûts pourront être significatifs, notamment dans les situations où la couverture neigeuse, qui sert de stockage naturel de l'eau, s'amenuise en raison de la hausse des températures et de la modification des régimes de précipitations. De fait, remplacer ce stockage naturel par des infrastructures risque alors de coûter très cher. En outre, dans les zones où le niveau des précipitations devrait augmenter, les coûts additionnels liés à la gestion des inondations seront probablement importants (encadré 2.3 pour une synthèse des données factuelles sur les coûts de l'adaptation dans le domaine de l'eau).

Le consentement des sociétés à payer pour l'adaptation sera influencé par leur compréhension des risques encourus et par le niveau de risque considéré comme acceptable. Les dispositifs de partage des risques entre les administrations nationales et les collectivités locales influeront également sur l'approche choisie pour gérer les risques liés à l'eau et par ricochet, sur le coût des actions. Par exemple, lorsque l'État finance tout

ou partie du coût d'une protection structurelle contre les inondations alors que les collectivités locales supportent entièrement le coût d'opportunité du non-aménagement des zones inondables, les secondes sont incitées de manière artificielle à opter pour des solutions structurelles afin de gérer les risques d'inondation même si ces approches sont susceptibles de se révéler plus coûteuses au final.

Le moment où l'adaptation est prise en compte dans le cycle de projet peut avoir une influence importante sur les coûts, de même que sur l'efficience globale des mesures d'adaptation. Les projets d'infrastructures de l'eau ayant des délais de réalisation relativement longs, si la question de l'adaptation au changement climatique n'est soulevée que vers la fin du processus (lors de la recherche de financements, par exemple), les promoteurs risquent de se montrer réticents à l'idée de revoir en profondeur la conception ainsi que le lieu d'implantation de leur projet à la lumière des considérations relatives au changement climatique. Cela peut conduire à opter pour des approches plus généralistes de l'adaptation consistant à plaquer des marges de sûreté sur des projets dont la conception ne tient pas compte du changement climatique. Pour une approche plus efficace et efficiente de l'adaptation, il est donc nécessaire de prendre en compte les effets potentiels du changement climatique dès le début du projet et d'envisager toutes les options de gestion des risques possibles, y compris le cas échéant une modification de la conception ou du lieu d'implantation du projet. En effet, tenir compte de l'adaptation à un stade précoce du projet peut s'avérer beaucoup moins onéreux que de devoir y ajouter des éléments par la suite ou de procéder à un réaménagement ultérieur.

En plus de creuser le déficit de financement, l'adaptation pose plusieurs problèmes spécifiques de financement en raison de son horizon temporel long et de l'incertitude omniprésente qui règne quant aux futures incidences du changement climatique. En règle générale, les coûts attendus des mesures d'adaptation sont connus et doivent être supportés à court terme, alors que nombre de leurs avantages escomptés sont plus incertains et ne se font sentir qu'à très long terme. Dans ces conditions, il n'est pas facile de déterminer quelle intensité doivent avoir les mesures d'adaptation et selon quel calendrier il convient de les mettre en œuvre pour qu'elles soient économiquement efficientes. De nombreux projets relatifs à l'eau débouchent sur des actifs à très longue durée de vie (entre 80 et 100 ans pour les digues, par exemple) ; il est donc essentiel qu'ils prennent en compte le changement climatique afin d'éviter une adaptation inappropriée. Toutefois, le calendrier de financement des projets s'étalant généralement sur 20 ans ou moins, les financiers (tout comme les pouvoirs publics) peuvent ne pas être véritablement incités à intégrer les effets du changement climatique dans la conception des projets liés à l'eau.

Les questions d'attribution peuvent aussi se révéler complexes en cas de mécanismes spécifiques de financement de l'adaptation. De fait, l'adaptation intervient pour l'essentiel dans le contexte du traitement d'une série de pressions d'ordre naturel et socio-économique exercées sur les hydrosystèmes. Adapter ces derniers pour mieux gérer la variabilité actuelle du climat permet également d'améliorer leur résilience au changement climatique à long terme. C'est pourquoi recenser des mesures ou actions spécifiques répondant uniquement et exclusivement aux répercussions du changement climatique à long terme est difficile et souvent irréalisable. En effet, pour que les mesures mises en œuvre s'attaquent à une pluralité de facteurs de perturbation et pour atteindre les objectifs généraux de la politique de l'eau au moindre coût, il est judicieux d'intégrer l'adaptation au changement climatique dans les politiques, les programmes et les projets relatifs à l'eau.

Il arrive néanmoins que l'intégration de l'adaptation empêche de déterminer son coût « différentiel ». Les tentatives de calcul de ce coût ont souvent pour origine des impératifs politiques de justification les dépenses réalisées pour l'adaptation. C'est une question particulièrement pressante pour les pays dont l'accès au financement climatique est lié au respect du principe d'additionnalité. S'il importe bien évidemment d'encourager la reddition de comptes dans le cadre des financements consacrés à l'adaptation et de garantir la rentabilité des investissements réalisés, les efforts visant à attribuer des fonds spécifiques à l'adaptation doivent cependant éviter d'entraver l'intégration de cette dernière et de fausser l'allocation des fonds au profit de projets « spéciaux » qui peuvent facilement être qualifiés de projets d'« adaptation » mais qui n'optimisent pas nécessairement les bénéfices nets.

Les codes, normes et règles en vigueur en matière d'évaluation économique peuvent également entraver la prise en compte d'horizons temporels longs et être difficilement compatibles avec l'incertitude qui caractérise la prise de décision concernant les investissements liés à l'eau. Il pourrait donc être judicieux de faire appel à des taux d'actualisation adaptés aux échéances longues (notamment des taux dégressifs). Le Royaume-Uni s'est attaqué à certaines de ces problématiques en élaborant des orientations supplémentaires portant sur la prise en compte des effets du changement climatique (« Accounting for the Effects of Climate Change ») dans le Livre vert du Trésor. Ce Livre vert contient des orientations économiques sur lesquelles les pouvoirs publics britanniques s'appuient pour peser les décisions de dépense, d'investissement et d'action. Les orientations supplémentaires définissent les critères qui déterminent les situations dans lesquelles il est particulièrement important de prendre en compte les risques et les effets du changement climatique dans le cadre d'un programme, d'une politique ou d'un projet. Il fournit des outils permettant d'évaluer les risques et propose comme cadre d'évaluation des solutions une analyse des options réelles capable d'intégrer l'incertitude du changement climatique et de valoriser la souplesse dans le processus décisionnel.

Mobiliser des financements pour l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique

Le financement de l'adaptation devrait s'appuyer sur des stratégies d'investissement saines dans les hydrosystèmes dans leur ensemble. Dans le cas des réseaux de distribution et d'assainissement, il s'agit notamment de réduire les coûts (au moyen de gains d'efficience ou de l'adoption de solutions moins onéreuses) et d'accroître les sources primaires de financement, soit les tarifs, taxes et transferts (les « 3T »), pour combler le déficit de financement. Des financements remboursables, provenant notamment des marchés financiers ou du secteur public, pourront également être mobilisés. En améliorant l'efficience de l'exploitation, on peut éviter d'importants gaspillages financiers dans le secteur. Les défaillances de l'exploitation sont multiples : piètre recouvrement des recettes, pertes de distribution (fuites ou eau non facturée), inefficience de la main d'œuvre et corruption. Le choix du niveau de service ainsi que celui du matériel et des technologies pour sa mise en œuvre peuvent en outre avoir d'importantes répercussions sur les coûts (OCDE, 2012a).

Le financement de la gestion des ressources en eau peut s'appuyer sur quatre principes : le premier, le principe pollueur-payeur, incite à moins polluer et/ou produit des recettes qui peuvent servir à réduire la pollution et à compenser la perte de bien-être. Le deuxième, le principe bénéficiaire-payeur, permet de répartir les coûts entre ceux qui

bénéficient de la gestion des ressources. Le troisième, le principe d'équité, permet de répondre aux préoccupations concernant le caractère abordable de la ressource et la compétitivité. Enfin, le quatrième et dernier principe consiste à garantir la cohérence entre les politiques ayant des incidences sur les ressources en eau (politiques agricoles, foncières ou énergétiques, par exemple). Ce principe part de l'idée qu'il est plus efficace et économe de tenir compte des effets du climat sur l'eau dans l'allocation des fonds publics aux domaines liés à l'eau que de mobiliser des fonds supplémentaires pour le secteur de l'eau (OCDE, 2012b).

Comme indiqué au chapitre 3, l'expérience des pays de l'OCDE en matière de financement de l'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique est plutôt limitée à l'heure actuelle. L'insuffisance des données économiques sur les coûts et avantages de l'adaptation dans le domaine de l'eau est notamment à l'origine de la lenteur des avancées en la matière. Pour financer l'adaptation, les pays peuvent en réalité continuer à recourir aux sources existantes de financement consacrées à l'eau. En effet, dans la mesure où l'adaptation est intégrée dans les politiques, programmes et décisions d'investissements concernant l'eau, les financements destinés aux hydrosystèmes financeront également l'adaptation. Si, en principe, un recouvrement durable des coûts permet de compenser les dépenses supplémentaires découlant de l'adaptation, il pourrait s'avérer bien plus difficile si les coûts différentiels sont considérables.

Dans les pays qui consacrent des fonds spécifiques à l'adaptation au changement climatique dans son ensemble, une part est allouée aux hydrosystèmes étant donné le caractère prioritaire qu'ils revêtent généralement dans le cadre de la planification de l'adaptation à l'échelle nationale. Néanmoins, l'eau continuera d'être en concurrence avec d'autres secteurs pour l'obtention de fonds limités. Quelques pays de l'OCDE s'appuieront encore sur des financements internationaux pour soutenir leurs efforts d'adaptation, notamment sur les Fonds structurels et le Fonds de cohésion de l'UE. Plusieurs pays explorent également de nouvelles sources de financement possibles ainsi que des mécanismes innovants (encadré 4.4). Pour faire face à l'incertitude omniprésente qui caractérise les investissements dans le domaine de l'eau, les approches fondées sur des options réelles suscitent une attention croissante. Pourtant, les expériences pratiques d'application de ces approches à ces investissements dans le contexte de l'adaptation demeurent encore limitées.

Encadré 4.4. **Recherche de mécanismes innovants de financement de l'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau**

Plusieurs pays de l'OCDE ainsi que l'Union européenne sont en train d'explorer des mécanismes de financement innovants pour gérer l'adaptation de l'eau au changement climatique. En voici quelques exemples.

- Au **Danemark**, les pouvoirs publics examinent actuellement la législation régissant le secteur de l'eau afin d'élaborer un nouveau projet de loi relatif au financement de l'adaptation dans le domaine de l'eau. L'objectif est d'élargir les possibilités pour les entreprises danoises de distribution d'eau et d'assainissement de financer des mesures d'adaptation plus intelligentes et optimales du point de vue socio-économique. Ainsi, le projet pourrait par exemple permettre aux entreprises d'assainissement de cofinancer de nouvelles mesures visant les routes et les cours d'eau destinées à éviter le déversement des eaux pluviales dans le réseau d'égouts.

Encadré 4.4. **Recherche de mécanismes innovants de financement de l'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau** *(suite)*

- Pour financer l'adaptation, la **Commission européenne** envisage quant à elle de recourir aux recettes générées par la vente aux enchères des quotas dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre de l'Union européenne. Le Livre blanc de l'UE, *Adaptation au changement climatique : vers un cadre d'action européen* (2009), défend l'idée d'utiliser ces recettes aux fins de l'adaptation. La directive révisée régissant le système d'échange de quotas d'émission prévoit l'utilisation de 50 % au minimum du produit de la mise aux enchères de ces quotas pour financer, entre autres, l'adaptation dans les États membres et les pays en développement. L'UE envisage également la mise en place de paiements pour les services écosystémiques rendus grâce à des mesures de rétention d'eau naturelles visant à prévenir les inondations et les sécheresses.
- Le gouvernement fédéral **allemand** examine de son côté la possibilité d'inclure certains aspects de l'adaptation dans les programmes de financement fédéraux et les instruments de financement conjoints alimentés par l'administration fédérale, les *Länder* et l'UE. L'intégration récente de l'adaptation dans les outils de financement de l'Initiative nationale de protection du climat est une illustration de cette démarche. Au niveau fédéral, il existe également un programme de financement des initiatives innovantes et des projets de démonstration à l'échelon local et régional, qui incite financièrement les principaux acteurs de l'adaptation à promouvoir l'innovation et à sensibiliser davantage à la nécessité de l'adaptation. Fin 2011, le ministère fédéral de l'Environnement (BMU) a mis en place un système de financement qui promeut l'adaptation à l'échelle des entreprises individuelles et des autorités locales. Ces fonds devraient financer des projets de constitution de réseaux et d'éducation aux niveaux local et régional et soutenir l'élaboration de modèles d'adaptation.
- L'Agenda de l'Eau 2030 du **Mexique** propose d'établir un fonds de réserve pour l'adaptation, qui améliorerait la capacité du pays à remplacer efficacement ou à modifier de manière notable les systèmes d'approvisionnement en eau et de protection contre les inondations. CONAGUA analyse actuellement les différentes solutions possibles pour la mise en œuvre de ce fonds. La loi générale sur le changement climatique récemment adoptée mentionne la nécessité de créer un fonds pour les projets, études et actions. En outre, le Mexique applique depuis 2006 un système innovant de financement des risques en vendant chaque année des « obligations catastrophes ». Si une catastrophe se produit au cours de la durée de vie de l'obligation, les pouvoirs publics font appel aux fonds empruntés pour payer la réparation des dommages. Dans le cas contraire, l'État rembourse les fonds ainsi que leurs intérêts. Les derniers titres de ce type ont été émis le 15 octobre 2012 et ont permis de recueillir 315 millions USD.
- Aux **États-Unis**, une loi portant création d'une banque spécialisée dans les infrastructures a été proposée afin de financer l'adaptation des hydrosystèmes. La loi sur la durabilité et la résilience des infrastructures de l'eau (*Water Infrastructure Resiliency and Sustainability Act*) a été présentée au Congrès en octobre 2011. Elle autoriserait l'administrateur de l'Agence pour la protection de l'environnement (*Environmental Protection Agency*) à mettre en place un programme de subventions pour les propriétaires et exploitants d'hydrosystèmes en vue d'améliorer la résilience et l'adaptabilité de ces systèmes aux modifications des conditions hydrologiques actuelles et à venir dans une région donnée des États-Unis.

Encadré 4.4. **Recherche de mécanismes innovants de financement de l'adaptation au changement climatique dans le domaine de l'eau** *(suite)*

- Dans le cadre de son Plan national d'adaptation, la **France** entreprend actuellement un examen des mécanismes de financement existants pour déterminer la manière dont ils pourraient être utilisés dans leur forme actuelle ou éventuellement modifiés pour soutenir l'adaptation. Le pays étudie également les sources potentielles de financements supplémentaires.

Source : Voir les profils pays associés au présent ouvrage, disponibles sur iLibrary et à l'adresse *www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm*.

Approches fondées sur des options réelles

L'incertitude omniprésente qui caractérise le changement climatique représente un défi pour les investissements dans les infrastructures de l'eau qui sont en règle générale marquées par une forte intensité de capital et une longue durée de vie, tout en étant souvent très sensibles au climat. Le manque de confiance dans les projections relatives aux futures incidences du changement climatique complique la planification et la conception de projets visant à éviter des risques difficilement quantifiables et qui nécessitent a priori d'importants investissements initiaux. Lorsque les prévisions climatiques débouchent sur un éventail de scénarios possibles, il peut être tentant de chercher à établir un scénario « moyen », même si les projections sont toutes susceptibles de se produire et que d'autres scénarios, en dehors de l'éventail considéré, sont également possibles. Il existe en outre une tendance à considérer les projections comme des prédictions et à surestimer le degré auquel on peut leur faire confiance de façon déterministe. Pourtant, tenter d'établir des scénarios d'avenir « moyens » ou assimiler des projections marquées par un faible niveau de confiance à des prédictions peut être source de graves erreurs, et entraîner notamment des inadéquations entre les infrastructures de l'eau et les conditions climatiques futures, qui nécessiteront de coûteux ajustements par la suite ou se traduiront par des actifs échoués. C'est pourquoi il semble préférable de faire appel à des stratégies d'investissement qui intègrent les incertitudes et prévoient une certaine souplesse[7].

Dans le cadre de l'adaptation au changement climatique, les approches fondées sur des options réelles suscitent une attention croissante de la part des gouvernements des pays de l'OCDE. Les orientations supplémentaires sur l'adaptation contenues dans Livre vert du Royaume-Uni, par exemple, proposent comme cadre d'évaluation des solutions une analyse des options réelles capable d'intégrer l'incertitude du changement climatique et de valoriser la souplesse dans le processus décisionnel. Les Pays-Bas ont quant à eux eu recours à une approche fondée sur des options réelles pour analyser les projets liés à l'eau dans le cadre du changement climatique. Dans son rapport sur l'eau urbaine, la Commission de productivité du gouvernement australien propose de faire davantage appel aux approches fondées sur des options réelles dans les décisions d'augmentation de l'approvisionnement en eau. D'après ses modélisations, le recours à une telle approche permettrait de réduire le coût de l'approvisionnement de plus de 1 milliard AUD sur une période de 10 ans pour deux villes en Australie (Melbourne et Perth) par rapport aux méthodes traditionnelles de planification et d'investissement[8]. Au vu de ses avantages en termes de traitement des risques et de l'incertitude, l'approche de la planification et de l'investissement fondée sur les options réelles est également plébiscitée par la

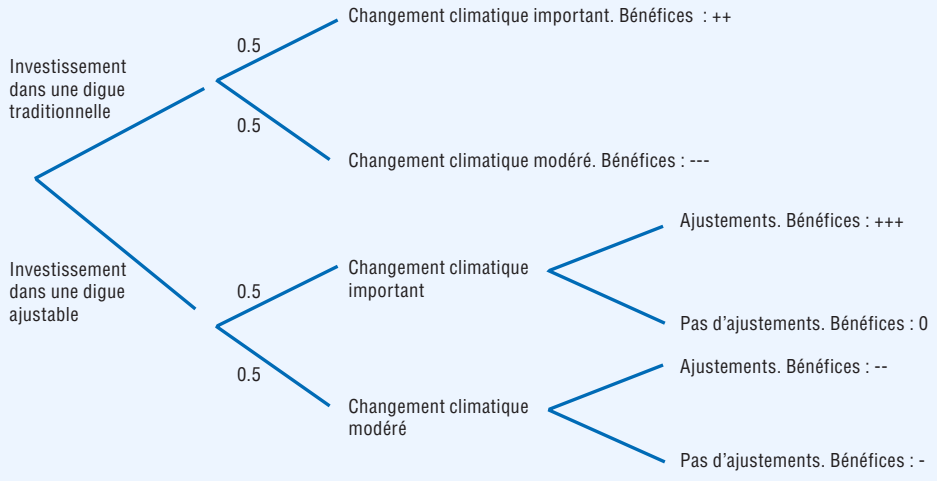
Commission nationale de l'eau et l'Association australienne des services de l'eau (Australian Government Productivity Commission, 2011).

L'analyse des options réelles prend expressément en compte l'intérêt d'une certaine souplesse dans le processus décisionnel. Une option « réelle » peut être mise en œuvre, ajustée ou écartée en fonction de l'arrivée de nouvelles informations, ce qui peut s'avérer particulièrement utile lorsque les coûts irrécupérables sont élevés, que les projets sont modulables à différentes échelles et longs à réaliser, et qu'un apprentissage est escompté au fil du temps. Dans le contexte du changement climatique, cela signifie que des investissements relatifs à l'eau pourraient être réajustés au fur et à mesure que les connaissances sur les futures conditions climatiques s'améliorent, selon que les effets sont plus forts ou moins forts et interviennent plus tôt ou plus tard que prévu.

À l'instar d'une analyse coût-avantages standard, un examen quantitatif des options réelles compare les coûts et avantages actualisés au fil du temps pour calculer une valeur actualisée nette, tout en intégrant une étape supplémentaire afin de prendre en compte la valeur de la flexibilité. Il est possible d'avoir recours à un arbre de décision pour planifier la séquence des actions, les points de décision (ou de « déclenchement ») et les évènements clés. En outre, des informations sur les coûts, les avantages et les probabilités associés à différentes options peuvent être utilisées pour calculer la variation des gains en fonction des différents scénarios d'avenir (HM Treasury, 2009). L'encadré 4.5 illustre l'approche fondée sur des options réelles.

Encadré 4.5. **Illustration d'une approche fondée sur des options réelles en matière de protection contre les inondations**

Un arbre décisionnel simple peut être utilisé pour établir deux options possibles en matière de protection contre les inondations : investir aujourd'hui dans une digue fixe ou investir dans une portion de digue ajustable avec la possibilité d'y apporter des modifications ultérieures. Chaque option est évaluée dans le cadre de deux scénarios possibles de changement climatique (important ou modéré).



Encadré 4.5. **Illustration d'une approche fondée sur des options réelles en matière de protection contre les inondations** *(suite)*

Dans cet exemple, les scénarios d'avenir retenus concernant le changement climatique, important ou modéré, ont les mêmes chances de se produire (probabilité de 50 % pour chacun). La digue élevée de protection contre les crues est construite aujourd'hui et produit des bénéfices nets uniquement dans le cadre du scénario de changement climatique important. Dans le cadre d'un changement modéré, la digue affiche un bénéfice négatif.

Dans le cas d'une digue évolutive, la première portion est édifiée maintenant et on se ménage l'option d'un ajustement ultérieur. Dans le cadre d'un changement climatique important, cette solution permettrait d'obtenir des bénéfices plus élevés qu'avec une digue traditionnelle, car les ajustements sont précisément modulables et une part des coûts de la digue a pu être reportée dans le temps. Ainsi, en termes de valeur actualisée nette, la digue ajustable aura davantage de retombées positives dans l'éventualité d'un changement climatique important. En cas de changement modéré, une protection supplémentaire contre les crues n'est pas nécessaire et l'option la plus appropriée est donc de ne pas modifier la digue. Les pertes potentielles associées à l'investissement initial sont ainsi réduites au minimum.

Source : D'après HM Treasury (2009), « Supplementary Green Book Guidance: Accounting for the Effects of Climate Change », *http://archive.defra.gov.uk/environment/climate/documents/adaptation-guidance.pdf* (consulté le 11 novembre 2012).

Étude de cas : approches fondées sur des options réelles pour le projet Thames Estuary 2100 au Royaume-Uni

Dans le cadre de son projet Thames Estuary 2100 (estuaire de la Tamise 2100 – TE2100), l'Agence de l'environnement britannique est en train de développer une stratégie pour la gestion des risques d'inondations dues aux marées à l'horizon 2100. Les zones inondables de l'estuaire de la Tamise comptent 1.25 million d'habitants (soit un sixième de la population londonienne), environ 200 milliards GBP de biens ainsi que des actifs clés en termes de transports et d'infrastructures, dont le métro londonien, 16 hôpitaux et huit centrales électriques. Étant donné la valeur des actifs exposés au risque, les longs délais associés à l'élaboration de solutions, l'incertitude entourant les futurs effets du changement climatique et les perspectives d'acquisition de nouvelles connaissances, le choix s'est porté sur une approche flexible pouvant être adaptée à l'évolution du climat. Dans le cadre du projet, des options permettant de faire face à différents degrés d'élévation du niveau de la mer ont été déterminées, et les seuils dont le franchissement déclenche leur application ont été définis. Les options ont été conçues de sorte à mettre en œuvre en premier les petites modifications progressives communes à toutes les options, en repoussant autant que possible les décisions irréversibles. La stratégie pourra être réexaminée à la lumière des nouvelles données et les options pourront être avancées ou reportées (HM Treasury, 2009).

Cette approche comporte néanmoins un inconvénient, à savoir le risque de voir certaines options écartées prématurément, notamment via les actions de propriétaires fonciers privés. Dans le cadre du TE2100, le problème pourrait se poser en cas d'aménagement de zones susceptibles d'être utiles à l'avenir à des activités de gestion des risques d'inondation (nouveaux ouvrages de protection, zones d'expansion de crue, etc.). Par conséquent, la stratégie TE2100 pourrait recommander de protéger les zones

concernées afin de préserver ces possibilités. Une telle démarche induit certes un coût d'opportunité en raison du non-aménagement de ces zones, mais elle possède une valeur d'option. S'il est possible de réduire au minimum le coût d'opportunité du non-aménagement de parcelles relativement petites (en mettant par exemple à disposition d'autres terrains via les instruments d'urbanisme), on peut avancer que la préservation des options permettant de protéger Londres contre un risque croissant d'inondation possède une valeur élevée (HM Treasury, 2009).

Conclusion

Vu l'ampleur du défi, les pouvoirs publics doivent étudier tout l'éventail des solutions envisageables pour rendre plus flexibles la gouvernance, les politiques et les méthodes de financement dans le domaine de l'eau. La gouvernance « adaptative » de l'eau fait l'objet d'une attention croissante car elle constitue un moyen d'augmenter la flexibilité et de gérer les incertitudes attachées aux tendances à long terme. Il importera de tirer les enseignements des premières expériences de gouvernance adaptative pour orienter les efforts d'adaptation futurs.

S'agissant des mesures envisageables, les dispositions réglementaires, les moyens d'action fondés sur l'information et les instruments économiques ont tous un rôle à jouer pour « connaître », « cibler » et « gérer » les risques dans le domaine de l'eau. La plupart des instruments de la politique de l'eau n'ont pas été conçus en tenant compte spécifiquement de l'adaptation au changement climatique et ils pourraient avoir besoin d'être revus à la lumière des nouvelles données pour qu'ils soient mieux à même de répondre à l'augmentation des risques et de l'incertitude. Parallèlement, le changement climatique constitue un argument supplémentaire pour agir contre les facteurs d'inefficacité des dispositifs en place.

Jusqu'à présent, les instruments économiques ont été relativement peu explorés dans le cadre des politiques de l'eau et de l'adaptation au changement climatique. S'ils ne représentent qu'une partie de la panoplie des moyens d'action, ils peuvent néanmoins s'avérer très efficaces lorsqu'ils sont correctement conçus et mis en œuvre avec discernement. Dans un contexte marqué par une variabilité croissante et une prévisibilité en recul, ils peuvent en effet procurer de la souplesse et réduire les coûts d'un ajustement ultérieur à l'évolution des conditions. Si le changement climatique fournit l'occasion d'y avoir recours de manière plus systématique, il exige également de relever un certain nombre de défis à cet égard.

Enfin, les changements climatiques futurs se caractérisent par des horizons temporels longs et une incertitude omniprésente qui compliquent le financement de l'adaptation des hydrosystèmes. Ils sont en outre susceptibles de réduire les financements existants. Lorsqu'il existe des financements spécialement destinés à l'adaptation, il faudra se garder de trop mettre l'accent sur le principe d'additionnalité, car cela risque de miner leur efficacité en conduisant à privilégier des projets qui peuvent être aisément qualifiés de projets d'« adaptation », mais qui n'optimisent pas nécessairement les bénéfices nets. Des méthodes de financement saines seront nécessaires, avec au besoin des stratégies d'investissement flexibles.

Notes

1. L'aléa moral désigne une situation dans laquelle une personne qui prend des décisions comportant des risques ne supporte pas l'intégralité du coût des éventuelles conséquences négatives. On parle d'asymétrie de l'information lorsque, dans un échange entre deux parties, l'une des parties dispose de davantage d'informations que l'autre. Dans le cadre des régimes d'assurance, les assureurs disposeraient ainsi d'informations imparfaites sur les risques pris par la personne assurée, entraînant une surestimation ou une sous-estimation du risque, et donc une certaine inefficience. L'antisélection désigne la propension des personnes « à haut risque » à contracter des assurances plus souvent et pour des montants plus élevés que les personnes « à bas risque ». Cette situation peut se présenter en cas d'asymétrie de l'information, lorsque les assureurs ne sont pas en mesure de prendre en compte ce facteur dans le prix de l'assurance.
2. En août 2010, la dette du NFIP envers le Trésor américain s'élevait à 18.8 milliards USD (GAO, 2010).
3. À l'exception des tempêtes et de la grêle.
4. Il existe certaines différences d'un État à l'autre, mais d'une manière générale, les droits d'accès à l'eau sont divisés en catégories suivant le niveau de risque que le détenteur des droits est prêt à accepter. Les droits assortis d'un niveau de sécurité élevé obtiennent de l'eau avant les droits standard ou assortis d'un niveau de sécurité faible.
5. Si le recours croissant au dessalement réduit la dépendance à l'égard des sources d'approvisionnement traditionnelles plus variables, ce processus de production énergivore peut être considéré comme non approprié pour l'adaptation au changement climatique, en raison de sa contribution à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre. Cependant, l'énergie utilisée (combustible fossile, renouvelable, etc.) et le rendement énergétique ont une influence considérable sur le niveau effectif des émissions de gaz à effet de serre. Les usines de dessalement d'Israël présentent un rendement énergétique et une efficience économique parmi les plus élevés au monde.
6. Voir la base de données du Programme de travail de Nairobi de la CCNUCC sur les approches écosystémiques de l'adaptation, *http://unfccc.int/adaptation/nairobi_work_programme/knowledge_resources_and_publications/items/6227.php* (en anglais) ; le site Internet du projet *The Green and Blue Space Adaptation for Urban Areas and Eco Towns* (GRaBS), *http://www.grabs-eu.org/* (en anglais).
7. Voir Hallegate et al. (2012) pour un examen récent et une analyse des stratégies d'investissement en situation de grande incertitude.
8. Voir Australian Government Productivity Commission (2011), « Australia's Urban Water Sector », *Productivity Commission Inquiry Report*, vol. 2, n° 55, 31 août.

Références

Agrawala, S. et S. Fankhauser (éd.) (2008), *Aspects économiques de l'adaptation au changement climatique : Coûts, bénéfices et instruments économiques*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264046870-fr*.

Australian Government Productivity Commission (2011), « Australia's Urban Water Sector », Productivity Commission Inquiry Report, vol. 2/55.

Belnap, J. et D.H. Campbell (2011), « Effects of Climate Change and Land Use on Water Resources in the Upper Colorado River Basin: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2010-3123 », *http://pubs.usgs.gov/fs/2010/3123/* (consulté le 2 octobre 2012).

Bommelaer O., J. Devaux et C. Noel, (2011), « Le financement de la gestion des ressources en eau en France – Étude de cas pour un rapport de l'OCDE », *Collection Études & documents*, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, Commissariat général au développement durable.

Botzen, W.J.W. et J.C.J.M. van den Bergh (2008), « Insurance Against Climate Change and Flooding in the Netherlands: Present, Future, and Comparison with Other Countries », *Risk Analysis*, vol. 28/2, Wiley-Blackwell, *http://dx.doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01035.x*.

CCRIF (Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility) (2012a), « Understanding CCRIF's Hurricane and Earthquake Policies », *Technical Paper Series #1*, *www.ccrif.org/sites/default/files/publications/TechnicalPaper1- HurricaneEarthquakePoliciesAugust2012.pdf* (consulté le 18 novembre 2012).

CCRIF (2012b), « Newsletter », vol. 3/3.

City of New York (2011), « PlaNYC Update: A Greener, Greater, New York », *http://nytelecom.vo.llnwd.net/o15/agencies/planyc2030/pdf/planyc_2011_planyc_full_report.pdf* (consulté le 15 novembre 2012).

ClimateWise (2010), « Adapting to the extreme weather impacts of climate change – how can the insurance industry help? », *www.rms.com/Publications/ClimateWise_Adaptation_Report_120910.pdf* (consulté le 5 novembre 2012).

Colby, B.G. et K. Pittenger (2005), « Structuring Voluntary Dry Year Transfers », New Mexico Water Resources Research Institute, pp. 149-154.

CABE (Commission for Architecture and the Built Environment) (2010), « Developing an Urban Heat Island Strategy », Greater London Authority, *http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110118095356/www.cabe.org.uk/sustainable-places/advice/urban-heat-island-strategy* (consulté le 15 novembre 2012).

CCNUCC (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques) (2011), « Ecosystem-Based Approaches to Adaptation: Compilation of Information », Office des Nations Unies, Genève.

Danish Portal for Climate Change Adaptation (2012), *www.klimatilpasning.dk/en-US/Sider/ClimateChangeAdaptation.aspx* (consulté le 14 novembre 2012).

Delta Programme (2012), « Delta Programme 2013: Working on the delta – the road towards the Delta Decisions », The Netherlands Ministry of Infrastructure and the Environment and Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation, *www.deltacommissaris.nl/english/Images/Delta%20Programme%202013%20EN_tcm310-334162.pdf* (consulté le 22 mars 2013).

Dinar, A., M.W. Rosegrant et R. Meinzen-Dick (1997), « Water Allocation Mechanisms: Principles and Examples », *Policy Research Working Paper*, n° WPS 1779, Banque mondiale, Washington, DC, *http://documents.worldbank.org/curated/en/1997/06/694756/water-allocation-mechanisms-principles-examples* (consulté le 10 octobre 2012).

FEMA (United States Federal Emergency Management Agency) (2012), « The National Flood Insurance Program », *www.fema.gov/national-flood-insurance-program* (consulté le 11 novembre 2012).

Fuentes, A. (2011), « Policies Towards a Sustainable Use of Water in Spain », *Documents de travail du Département des affaires économiques de l'OCDE*, n° 840, Éditions OCDE, Paris, *http://dx.doi.org/10.1787/5kgj3l0ggczt-en*.

GAO (United States Government Accountability Office) (2010), « National Flood Insurance Program Continued Actions Needed to Address Financial and Operational Issues, testimony before the Committee on Banking, Housing and Urban Affairs, US Senate, statement of Orice Williams Brown, Director Financial Markets and Community Investments », GAO, *www.gao.gov/highrisk/risks/insurance/national_flood_insurance.php* (consulté le 3 août 2012).

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) (2012), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis.

Grislain-Letrémy, C. et C. Peinturier (2010), « Le régime d'assurance des catastrophes naturelles en France métropolitaine entre 1995 et 2006 », *Collection Études & documents*, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, Commissariat général au développement durable.

Grafton, R.Q. (*à paraître*), « Economic Instruments for Water Management », *Documents de travail de l'OCDE sur l'environnement*, Éditions OCDE, Paris.

Grafton, R.Q. et M.B. Ward (2010), « Dynamically Efficient Urban Water Policy », *Centre for Water Economics, Environment and Policy Research Paper*, pp. 10-13, Australia National University, Canberra.

Grannis, J. (2012), « Analysis of How the Flood Insurance Reform Act of 2012 (H.R. 4348) May Affect State and Local Adaptation Efforts », *Georgetown Climate Centre*, *www.georgetownclimate.org/analysis-of-the-flood-insurance-reauthorization-and-reform-law-2012* (consulté le 15 décembre 2012).

Hanemann, M. (2006), « An Economic Conception of Water », *in* P.P. Rogers, M.R. Llamas et L. Martinez-Cortina (éd.), *Water Crisis: Myth or Reality?*, Taylor & Francis plc., Londres.

Hanemann, M., D. Lambe et D. Farber (2012), « Climate Vulnerability and Adaptation Study for California: Legal Analysis of Barriers to Adaptation for California's Water Sector », *Public Interest Energy Research (PIER) Program White Paper*.

HM Government (2008), « Revised Statement of Principles on the Provision of Flood Insurance », DEFRA, *http://archive.defra.gov.uk/environment/flooding/documents/interim2/sop-insurance-agreement-080709.pdf* (consulté le 5 novembre 2012).

HM Treasury (2009), « Supplementary Green Book Guidance: Accounting for the Effects of Climate Change », *http://archive.defra.gov.uk/environment/climate/documents/adaptation-guidance.pdf* (consulté le 11 novembre 2012).

Idaho Water Resource Board (2012), « Water Supply Bank », *www.idwr.idaho.gov/WaterManagement/WaterRights/waterSupply/ws_default.htm* (consulté le 14 décembre 2012).

Jiang, Q. et R.Q. Grafton (2012), « Economic Effects of Climate Change in the Murray-Darling Basin, Australia », *Agricultural Systems*, vol. 110, Elsevier Science, pp. 10-16, *http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.009*.

Kazmierczak, A. et J. Carter (2010), « Adaptation to Climate Change Using Green and Blue Infrastructure », *Database of case studies*, site Internet du projet *Green and Blue Space Adaptation for Urban Areas and Eco Towns (GRaBS)*, *www.grabs-eu.org* (consulté le 15 novembre 2012).

Kunreuther, H.C. (2006), « Has the Time Come for Comprehensive Natural Disaster Insurance? », *in* R.J. Daniels, D.F. Kettl et H. Kunreuther (éd.), *On Risk and Disaster: Lessons from Hurricane Katrina*, University of Pennsylvania Press, Philadelphie, PA.

Lipton, E., F. Barringer et M.W. Walsh (2012), « Flood Insurance, Already Fragile, Faces New Stress », *The New York Times*, *www.nytimes.com/2012/11/13/nyregion/federal-flood-insurance-program-faces-new-stress.html?pagewanted=all&_r=0* (consulté le 7 décembre 2012).

Litan, R. (2006), *Sharing and Reducing the Financial Risks of Future "Mega-catastrophes"*, The Brookings Institution, Washington, DC.

Marshall, G.R. (2005), *Economics for Collaborative Environmental Management: Regenerating the Commons,* Earthscan, Londres.

Megdal, S.B. (2007), « Arizona's Recharge and Recovery Programs », *in* B. Colby et K. Jacobs (éd.), *Arizona Water Policy: Management Innovations in an Urbanizing, Arid Region*, RFF Press.

National Water Commission (2012), « The impacts of water trading in the southern Murray-Darling Basin between 2006-07 and 2010-11 », National Water Commission, Canberra.

NYCDEP (New York City Department of Environmental Protection) (2008), « Climate Change Program Assessment and Action Plan », *Report 1*, *www.nyc.gov/html/dep/html/news/climate_change_report_05-08.shtml* (consulté le 14 novembre 2012).

OCDE (2009), *De l'eau pour tous : Perspectives de l'OCDE sur la tarification et le financement*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264059511-fr*.

OCDE (2010), *La fiscalité, l'innovation et l'environnement*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264087651-fr*.

OCDE (2011a), *La gouvernance de l'eau dans les pays de l'OCDE : une approche pluri-niveaux*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264168244-fr*.

OCDE (2011b), *Examens environnementaux de l'OCDE : Israël 2011*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264168541-fr.*

OCDE (2012a), *Meeting the Water Reform Challenge*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264170001-en.*

OCDE (2012b), *A Framework for Financing Water Resources Management*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264179820-en*.

OCDE (2013), « Water Security for Better Lives », *OECD Studies on Water*, Éditions OCDE, *http://dx.doi.org/10.1787/9789264202405-en*.

Quiggin, J. (2011), « Managing Risk in the Murray-Darling Basin », *in* D. Connell et Q. Grafton (éd.), *Basin Futures: Water Reform in the Murray-Darling Basin*, Australia National University E-Press, p. 313-326.

Skees, J.R., B.J. Barnett et B. Collier (2008), « Agricultural Insurance – Background and Context for Climate Adaptation Discussions », *Consultant Report to the OECD*.

Swiss Re (2012), « Flood: An Underestimated Risk », *http://media.swissre.com/documents/Flood.pdf* (consulté le 20 novembre 2012).

Thomas, A. et R. Leichenko (2011), « Adaptation through Insurance: Lessons from the National Flood Insurance Programme », *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, vol. 3/3, p. 250-263.

USBOR (United States Bureau of Reclamation) (2007), « Record of Decision, Colorado River Interim Guidelines for Lower Basin Shortages and the Co-ordinated Operations for Lake Powell and Lake Mead: Final Environmental Impact Statement », *www.usbr.gov/lc/region/programs/strategies/RecordofDecision.pdf* (consulté le 2 octobre 2012).

USBOR (2011), « Lake Powell Operations, Equalization and the Interim Guidelines », *www.usbr.gov/uc/rm/crsp/gc/Eq-IntGuide/Eq-IntGuidelines-Fact.pdf* (consulté le 2 octobre 2012).

USBOR (2012), « The Colorado River Basin Water Supply and Demand Study », *www.usbr.gov/lc/region/programs/crbstudy/finalreport/index.html* (consulté le 14 mars 2013).

United States Government (2012), « Biggert-Waters Flood Insurance Reform Act of 2012 », in *Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act*, United States Government, Washington, DC.

Winpenny, J. (2011), « Report of the Rapporteur », *OECD Global Forum on Environment: Making Water Reform Happen*, *www.oecd.org/environment/biodiversitywaterandnaturalresourcemanagement/49769095.pdf* (consulté le 4 octobre 2012).

Yamada, M. (2010), « Soil, Water, Green: Toward Biodiversity Nagoya », *www.kankyo-net.city.nagoya.jp/citysummit2010/images/kaigi/session2/04_nagoya.pdf* (consulté le 14 novembre 2012).

© OCDE 2014

Chapitre 5

Conclusion : une analyse rétrospective pour éclairer l'avenir

Les preuves scientifique de la multiplicité et de l'importance des incidences du changement climatique sur les ressources d'eau douce sont indéniables et toujours plus nombreuses. L'eau étant à la fois une ressource essentielle et une menace potentielle, les effets du changement climatique sur les hydrosystèmes se répercuteront non seulement sur la gestion de l'eau et des inondations, mais aussi sur plusieurs domaines clés de l'action publique (énergie, agriculture, infrastructures, biodiversité, santé, etc.). Bien que les connaissances scientifiques ne cessent de progresser, on manque en règle générale d'informations qui soient fiables quant à la nature, à l'ampleur et au délai de survenue des impacts, et qui soient à l'échelle requise pour étayer concrètement l'adaptation au niveau local. Les décisions d'adaptation doivent prendre en compte un niveau important d'incertitude. Une mise en œuvre efficace de l'adaptation en temps opportun peut réduire le coût des impacts du changement climatique.

À court terme comme à plus long terme, l'adaptation au changement climatique requiert une approche souple, dynamique et prospective, qui tienne compte de la variabilité climatique sur toutes les échelles de temps, ainsi que des transformations qui en découlent pour les systèmes humains et les systèmes naturels. En l'absence de prévisions fiables et précises, une approche fondée sur les risques peut prendre en compte explicitement un éventail de scénarios d'avenir possibles pour éclairer les décisions d'adaptation, indiquant les priorités et les solutions envisageables pour gérer les risques et renforcer la résilience au moindre coût pour la société.

Les pouvoirs publics doivent s'attacher à « connaître », « cibler » et « gérer » les risques liés à l'eau : risque de pénurie (sécheresses notamment), risque d'excès (inondations notamment), risque de mauvaise qualité et risque de perturbation de la résilience des écosystèmes d'eau douce. L'adaptation au changement climatique doit être appréhendée, non pas de manière isolée, mais dans la perspective plus large de la sécurité de l'eau ; en même temps, l'adaptation constitue un aspect essentiel, voire une condition préalable pour assurer cette sécurité à long terme. Retarder ou négliger la prise en compte systématique du changement climatique dans les politiques, la planification et la pratique de la gestion de l'eau peut menacer la sécurité de l'eau et rendre sa mise en place progressivement plus coûteuse.

Alors que de nombreux débats sont en cours sur ce que les pouvoirs publics *pourraient* ou *devraient* faire pour adapter les hydrosystèmes au changement climatique, un examen systématique de ce qu'ils *font* actuellement était indispensable pour évaluer les progrès accomplis et enrichir la réflexion à partir des actions concrètes déjà réalisées. Le Secrétariat de l'OCDE s'est employé à répondre à ce besoin en réalisant une enquête sur les politiques de l'eau et les politiques d'adaptation au changement climatique de ses 34 pays membres et de la Commission européenne. Les tendances générales et les enseignements qui s'en dégagent permettent de brosser un panorama de l'adaptation telle qu'elle est concrètement mise en œuvre.

L'enquête montre que les pays de l'OCDE ont tous constaté des modifications des systèmes d'eau douce et s'attendent presque tous à une augmentation des risques liés à l'eau dans le contexte du changement climatique. Ils progressent dans le domaine de la « connaissance » des risques, mais ils pourraient faire bien davantage pour approfondir les efforts actuels visant à « cibler » et « gérer » les risques liés à l'eau. Jusqu'à présent, ils se sont surtout employés à enrichir la base de données scientifiques et à diffuser l'information. Étant donné les efforts significatifs consacrés à cette amélioration des données scientifiques, il est urgent de s'assurer qu'elles sont exploitées de manière optimale et répondent aux besoins des utilisateurs chargés de prendre des décisions d'adaptation concrètes à l'échelon local.

Les instruments fondés sur l'information sont de loin le type de moyen d'action le plus largement utilisé par les pouvoirs publics. Or, il serait possible de recourir bien davantage aux instruments économiques (régimes d'assurance, tarification de l'eau, échanges de droits sur l'eau, etc.), de même qu'aux approches écosystémiques et infrastructures vertes. Certes, les instruments économiques ne sont qu'un élément de la panoplie des moyens d'action, mais ils peuvent s'avérer très efficaces lorsqu'ils sont correctement conçus et mis en œuvre avec discernement. Dans un contexte marqué par une variabilité croissante et une prévisibilité en recul, ils peuvent procurer de la souplesse et réduire les coûts d'un ajustement ultérieur à l'évolution des conditions. Si le changement climatique fournit l'occasion d'avoir recours de manière plus systématique aux instruments économiques, il exige également de surmonter un certain nombre de difficultés dans cette optique.

Alors que le changement climatique ne fera sans doute qu'amplifier le déficit de financement qui existe dans le domaine de l'eau, la plupart des pays ne se sont pas encore attaqués clairement aux problèmes de financement de l'adaptation. Les gouvernements doivent veiller à éviter les pièges d'une approche accordant trop d'importance à l'« additionnalité » des projets d'adaptation, qui risquerait de pénaliser des démarches pourtant rationnelles destinées à maximiser les avantages des investissements. Par ailleurs, des stratégies d'investissement flexibles peuvent être utiles pour faire face aux difficultés liées aux horizons temporels longs et à l'incertitude omniprésente.

Le changement climatique est un défi nouveau qui va mettre à l'épreuve les approches classiques. Toutefois, des enseignements utiles peuvent être tirés de l'expérience acquise dans le traitement de la variabilité climatique et des catastrophes liées à l'eau. L'histoire regorge d'exemples de crises provoquées par l'eau qui auraient pu être évitées ou mieux gérées. Une analyse rétrospective peut effectivement fournir de précieux enseignements sur l'adaptation au changement climatique et contribuer à préparer l'avenir.

Les raisons d'agir sont solidement étayées et convaincantes. Pourtant, l'expérience montre que l'accumulation de données scientifiques et de solides arguments économiques ne suffisent pas nécessairement pour susciter des actions. Tous les risques liés à l'eau ne peuvent pas être évités, mais des systèmes bien préparés et résilients seront mieux à même de s'adapter aux nouvelles conditions, à moindre coût, et de se rétablir rapidement après une catastrophe. Dans le domaine de l'eau, les réformes prennent du temps, nécessitent l'engagement des acteurs concernés et exigent une volonté politique. C'est pourquoi il est urgent de s'atteler à la tâche. Les pays qui prennent des mesures pour consolider leur gouvernance de l'eau aujourd'hui et mettent en place les politiques nécessaires pour préparer l'avenir pourront éviter une gestion a posteriori des crises liées à l'eau, nécessairement plus coûteuse.

© OCDE 2014

Profils par pays

Ce profil national a été préparé par le Secrétariat de l'OCDE à partir des informations dont il disposait en juin 2013. De plus amples informations et analyses figurent dans la publication de l'OCDE (2013), *Eau et adaptation au changement climatique : des politiques pour naviguer en eaux inconnues*, Études de l'OCDE sur l'eau, Éditions OCDE, http://dx.doi.org/10.1787/9789264200647-fr. Les profils nationaux de tous les pays membres de l'OCDE sont téléchargeables à l'adresse www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm. Ils seront régulièrement mis à jour. Les profils de pays partenaires devraient être ajoutés progressivement.

Belgique

Impacts du changement climatique sur les hydrosystèmes

Évolutions observées et tendances	• Élévation importante des températures en été comme en hiver d'ici à 2050. Hausse des températures estivales moyennes comprise entre 1.5 °C et 7 °C d'ici à la fin du siècle, par rapport à la fin du XXe siècle. • Augmentation des coûts et des dommages liés aux inondations depuis quelques décennies, essentiellement dus à la réduction de la perméabilité à la surface du sol, ainsi qu'à la construction de bâtiments dans des zones inondables. • Fréquence accrue des pénuries d'eau de surface pendant les périodes de sécheresse prolongée.				
Impacts prévus	• Augmentation des précipitations hivernales comprise entre 3 % et 30 % d'ici à la fin du siècle. Variation des précipitations estivales comprise entre le maintien à leurs niveaux actuels et une baisse pouvant atteindre 50 %. • L'augmentation des précipitations hivernales renforcera la recharge des nappes. • Des débits réduits en été risquent de nuire à la qualité des eaux de surface et à leur disponibilité. • Multiplication des épisodes de forte pluie.				
Préoccupations prioritaires	Quantité d'eau	Qualité de l'eau	Distribution d'eau et assainissement	Phénomènes météorologiques extrêmes	Écosystèmes
	✓ (diminution des précipitations estivales [1])	✓	✓	✓ (inondations et sécheresses)	✓
Principales vulnérabilités	• Les zones métropolitaines et côtières (par exemple le littoral de 65 kilomètres de long et l'estuaire de l'Escaut) sont vulnérables aux risques d'inondation. • La répartition géographique des risques de pénurie d'eau en périodes de sécheresse prolongée est moins bien connue que celle des risques d'inondation. • Le phénomène de salinisation dans la province occidentale (Flandre occidentale) dû à la surexploitation et à la montée du niveau de la mer est aussi particulièrement préoccupant du point de vue du risque de pénurie d'eau.				

1. La diminution prévue des précipitations estivales peut aboutir à un manque d'eau et poser des problèmes dans différents secteurs (par exemple l'agriculture, le transport par voies navigables).

Sources : Commission nationale Climat (2009), *Cinquième Communication nationale de la Belgique sur les changements climatiques en vertu de la CCNUCC ;* Service public fédéral Santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement, Belgique, http://unfccc.int/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/items/4903.php (dernier accès le 20 juin 2012) ; ECORES-TEC (2011), L'adaptation au changement climatique en Région wallonne, *http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/113405* (dernier accès le 21 octobre 2012).

Principaux documents d'orientation

Document	Référence à l'eau ?	Type	Année	Institution compétente
Belgique : Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique	oui	Stratégie nationale d'adaptation	2010	Commission nationale Climat
Plan national d'adaptation au changement climatique	oui	Plan national d'adaptation	en cours d'élaboration	Commission nationale Climat
Plan d'adaptation flamand Plan d'adaptation wallon Étude d'adaptation Bruxelles	oui oui oui	Mesures infranationales	en cours d'élaboration	LNE AWAC IBGE/BIM

Principaux documents d'orientation *(suite)*

Document	Référence à l'eau ?	Type	Année	Institution compétente
Flandre :				Ministère flamand de la Mobilité et des Travaux publics (Agence 'Voies navigables et Canal maritime (W&Z)' Agence 'Maritieme Dienstverlening en Kust (MDL)' Commission de coordination de la politique intégrée de l'eau (CPIE) (flamande)
Sigma Plan [1]	oui	Mesures transfrontières	2005	
Plan directeur pour la sécurité côtière (IMCORE)	oui	Mesures infranationales et transfrontières	2011	
Plans de gestion des districts hydrographiques (PGDH) de première génération	oui	Mesures infranationales	2009	
Document d'orientation sur l'eau, dont aspects importants de la gestion de l'eau	oui	Mesures infranationales et transfrontières	Adoption prévue en 2013	
PGDH de deuxième génération	oui		en cours d'élaboration [2]	
Wallonie : Plans de gestion des districts hydrographiques (PGDH) de première génération	oui	Mesures infranationales et transfrontières	en cours d'élaboration	Direction générale Agriculture, Ressources naturelles et Environnement
Bruxelles : Plans de gestion des districts hydrographiques (PGDH) de première génération	oui	Mesures infranationales et transfrontières	en cours d'élaboration	IBGE/BIM

1. Pour un complément d'information, consulter le site : www.sigmaplan.be/en (en anglais).

2. Adoption prévue en 2015.

Instruments d'action

Domaines \ Instruments	Instruments réglementaires	Instruments économiques	Information et autres instruments
Quantité d'eau	**Flandre :** • "Water toets" : obligation de contrôle strict des incidences éventuelles des plans d'urbanisme dans le domaine de l'eau. La procédure s'applique en particulier aux zones inondables, aux zones importantes pour l'infiltration, ou à proximité des zones d'alimentation en eau potable. • Dans les premiers plans de gestion des districts hydrographiques, une disposition additionnelle définissait l'autorisation de prélèvement d'eaux de surface, qui permet de limiter ou de suspendre les prélèvements dans des périodes de sécheresse prolongée ou de faible débit. • Système d'autorisation de prélèvement d'eaux souterraines (> 500 m³/an) tenant compte de l'état quantitatif des masses d'eau souterraine	**Flandre :** • Redevance pour prélèvement dans les masses d'eau souterraine : montant différencié selon l'aquifère et un facteur régional [1]. • Prélèvements d'eau de surface sur des voies navigables : redevance de prélèvement applicable aux volumes prélevés > 500 m³/an.	**Belgique :** • Campagne d'information pour promouvoir les économies d'eau (lancée en 2000). • Obligation imposée aux notaires et aux agents immobiliers de fournir des renseignements sur les risques d'inondation auxquels sont exposés les maisons et les terrains constructibles. **Flandre :** • Un système d'alerte et d'aide à la décision pour prévoir 48 heures à l'avance les crues des cours d'eau non navigables. www.overstromingsvoorspeller.be/default.aspx?KL=en (en anglais) • Obligation de comptage de l'eau en cas de prélèvement d'eau souterraine (sauf pour les usages domestiques < 500 m³/an).
Qualité de l'eau	**Flandre** : Permis de rejet. **Bruxelles :** • Plan de gestion de l'eau de Bruxelles : adopté en 2012, il comporte des mesures concernant la qualité de l'eau potable, les eaux de drainage, le traitement des eaux usées et la protection des cours d'eau. http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/Plan_Eau_PGE_7_Programme_de_Mesures_2012_FR.PDF?langtype=2060		**Wallonie :** • - concernant les voies navigables : http://voies-hydrauliques.wallonie.be/opencms/opencms/fr/hydro/Actuelle/crue/index.html • - concernant les cours d'eau non navigables : http://aqualim.environnement.wallonie.be • - surveillance en temps réel des cours d'eau, études hydrologiques et coordination des alertes de crue.

Instruments d'action *(suite)*

Instruments / Domaines	Instruments réglementaires	Instruments économiques	Information et autres instruments
Qualité de l'eau *(suite)*	• Étude sur l'adaptation à Bruxelles (2012) : indique des mesures visant notamment à optimiser la gestion des eaux de surface afin de les garder en bon état quantitatif et écologique.		
Distribution d'eau et assainissement	**Flandre :** • Dans les premiers plans de gestion des districts hydrographiques, une disposition additionnelle encourage l'utilisation rationnelle de l'eau : elle autorise des ajustements de la structure tarifaire applicable à l'eau potable pour faire la distinction entre les utilisations essentielles et discrétionnaires (ou « de luxe »). **Bruxelles :** • Plan de gestion de l'eau (voir ci-dessus). • Étude sur l'adaptation à Bruxelles (2012) : indique des mesures visant à renforcer le contrôle des eaux souterraines ainsi que de l'offre et de la demande d'eau dans une optique tenant compte du changement climatique.	• Redevances d'usage, taxes, épuration, etc.	
Phénomènes météorologiques extrêmes	**Wallonie :** • Plan de prévention des inondations en Wallonie (plan PLUIES) : approuvé en 2003, il vise à améliorer les connaissances des risques d'inondation, à diminuer et ralentir le ruissellement, à améliorer la gestion des cours d'eau et à réduire la vulnérabilité des zones inondables. http://environnement.wallonie.be **Bruxelles :** • Plan de prévention des inondations à Bruxelles (Plan Pluie, approuvé en 2008) : il met en avant des mesures préventives visant à mieux adapter l'espace bâti aux précipitations accrues. Des mesures sont mises en œuvre pour récupérer les eaux de pluie (l'installation d'une citerne d'eau de pluie est obligatoire dans les nouveaux projets de logement et encouragée dans les logements existants par l'octroi d'une prime régionale) et augmenter l'évapotranspiration (par exemple limitation des surfaces construites, toitures verdurisées). http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/Plan_pluie_2008-2011_RIE_FR.PDF	**Belgique :** • Assurance inondation et autres catastrophes naturelles : des réformes récentes[2] au niveau fédéral ont étendu la couverture de l'assurance incendie des ménages aux catastrophes naturelles. Rompant avec les dispositions antérieures, des aides publiques ne seront plus versées pour financer l'indemnisation en cas de catastrophe naturelle[3].	

Instruments d'action *(suite)*

Instruments / Domaines	Instruments réglementaires	Instruments économiques	Information et autres instruments
Phénomènes météorologiques extrêmes *(suite)*	**Bruxelles** *(suite)* **:** • Adaptation aux risques de sécheresse et aux vagues de chaleur, et amélioration des microclimats urbains (qui se caractérisent par l'effet d'îlot de chaleur), au travers des mesures du Plan de gestion de l'eau.		
Écosystèmes			

1. Facteur qui augmente tous les ans, entre 2010 et 2017, pour tenir compte de la pression exercée sur les eaux souterraines et encourager une utilisation rationnelle de la ressource.

2. Les lois du 21 mai 2003 et du 17 septembre 2005. Même si elles ne visaient pas en priorité l'adaptation, ces nouvelles lois peuvent dissuader de construire de nouvelles habitations dans des zones où le risque d'inondation est plus important, surtout s'il en découle une hausse des primes d'assurance. Il existe également un Bureau de tarification – Catastrophes naturelles chargé de limiter les primes appliquées aux constructions existantes dans des zones à risque élevé en répartissant les coûts entre toutes les parties assurées. Cependant, le mécanisme de limitation des primes ne s'applique pas aux nouvelles constructions dans ces zones, lesquelles deviennent dans les faits des biens probablement non assurables.

3. A l'exception des situations où le coût total de cette indemnisation dépasse un seuil lié au chiffre d'affaires des compagnies d'assurances.

Principaux programmes de recherche

- Programme de recherche « La science pour un développement durable » de la Politique scientifique fédérale : travaux de recherche entrepris dans les domaines du changement climatique et des inondations à l'intérieur des terres. www.belspo.be/belspo/ssd/index_fr.stm
- Rapport de recherche « Vigilance climatique » (2009) de l'Institut royal météorologique de Belgique : description des tendances climatiques observées de 1830 à aujourd'hui. www.meteo.be/meteo/view/fr/66940-Artikels.html?view=3236558
- Financement de projets de recherche et développement de l'agence flamande pour l'innovation par la science et la technologie (IWT) : soutien au projet de recherche CcASPAR sur l'aménagement de l'espace. www.iwt.be/english/funding (en anglais)
- Projet de recherche européen AMICE "Adaptation of the Meuse river to the Impacts of Climate Evolutions" (adaptation de la Meuse aux impacts des évolutions du climat) www.amice-project.eu/en/ (en anglais)

Principaux mécanismes de financement et/ou programmes d'investissement

Faits marquants et initiatives novatrices

- **Politique d'aménagement écologique du territoire** pour réduire les inondations en diminuant la superficie revêtue. www2.vlaanderen.be/ruimtelijk/br2012/groenboek_beleidsplanruimte.pdf (en néerlandais)
- **Divers projets nationaux et internationaux concernant le changement climatique** . www.lne.be/themas/klimaatverandering/adaptatie/studies-en-onderzoek/studies-en-onderzoeken (en néerlandais)
- En Flandre, la transposition de la directive cadre sur l'eau et de la directive inondation se traduit par un seul instrument législatif – le décret relatif à la politique intégrée de l'eau. Le plan de gestion des risques d'inondation sera intégré au plan de gestion des bassins hydrographiques en 2015.

Ce profil national a été préparé par le Secrétariat de l'OCDE à partir des informations dont il disposait en juin 2013. De plus amples informations et analyses figurent dans la publication de l'OCDE (2013), *Eau et adaptation au changement climatique : des politiques pour naviguer en eaux inconnues*, Études de l'OCDE sur l'eau, Éditions OCDE, http://dx.doi.org/10.1787/9789264200647-fr. Les profils nationaux de tous les pays membres de l'OCDE sont téléchargeables à l'adresse www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm. Ils seront régulièrement mis à jour. Les profils de pays partenaires devraient être ajoutés progressivement.

Canada

Impacts du changement climatique sur les hydrosystèmes

Évolutions observées et tendances	• Les impacts du changement climatique sur les ressources en eau diffèrent au Canada d'une région à l'autre ; ce sont notamment des pénuries (sécheresses) ou des excès d'eau (inondations) et des problèmes de qualité de l'eau qui y sont associés, selon les saisons. • Depuis 1948, les chutes de neige augmentent dans le nord et diminuent dans le sud-ouest du Canada. • Le retrait glaciaire est généralisé depuis la fin des années 1800 dans l'ouest du Canada, et depuis les années 1920 dans l'Arctique. • Dans les Provinces des Prairies, le ruissellement diminue en été et en automne, d'où des baisses saisonnières des niveaux des cours d'eau et des lacs. • Remontée des espèces en latitude ou en altitude dans les écosystèmes terrestres, augmentation de l'importance relative des régimes thermiques plus chauds dans les écosystèmes d'eau douce. • En moyenne, les niveaux de l'eau dans les Grands Lacs sont actuellement inférieurs d'un mètre environ à la moyenne à long terme.
Impacts prévus	• Augmentation des précipitations totales annuelles dans tout le pays au cours du siècle actuel. Néanmoins, dans la majeure partie du sud du Canada, les hausses prévues des précipitations sont faibles (0 % à 10 % d'ici les années 2050) pendant les mois d'été et d'automne. Dans certaines régions, en particulier dans le centre-sud des Prairies et dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique, les précipitations devraient diminuer en été. • Augmentation de la fréquence des pénuries d'eau dans l'Ontario, la Colombie-Britannique et les Provinces des Prairies. • Hausse des températures des eaux de surface, diminution de la durée de la couche de glace, et baisse des niveaux d'eau à cause du réchauffement. Ces changements font augmenter les concentrations de polluants. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des crues contribuera aussi à la détérioration de la qualité de l'eau. • Les problèmes d'approvisionnement en eau deviendront plus préoccupants dans le bassin des Grands Lacs en raison de la diminution du niveau des lacs, qui risque d'entraîner une réduction de la production hydroélectrique, de nuire au tourisme et aux loisirs, et d'obliger à réduire la capacité de chargement des navires. • Augmentation de la fréquence, de l'intensité ou de la durée des phénomènes météorologiques/climatiques extrêmes dans la plupart des régions. • Aggravation du risque d'inondation dans de nombreuses régions en hiver à cause de l'amincissement de la couche de glace, multiplication des événements de précipitations, et augmentation de la fréquence des dégels hivernaux. Un accroissement des précipitations journalières extrêmes est prévu. • Sécheresses plus fréquentes et prolongées en Colombie-Britannique. • Effets préjudiciables sur les écosystèmes dans les provinces du Québec, de l'Ontario et des Prairies. En particulier, les variations des chutes de neige en hiver auront un impact néfaste sur les terres humides dans les Prairies.

Préoccupations prioritaires	Quantité d'eau	Qualité de l'eau	Distribution d'eau et assainissement	Phénomènes météorologiques extrêmes	Écosystèmes
	✓ (sur des bases saisonnière et régionale)	✓ (sur des bases saisonnière et régionale)		✓	

Principales vulnérabilités	• L'Arctique canadien est particulièrement vulnérable au changement climatique. Le dégel du pergélisol, le réchauffement des températures, les variations des surcharges de neige et d'autres précipitations extrêmes exposent depuis un certain temps déjà les infrastructures construites dans les régions arctiques à des impacts considérables qui exigent de modifier d'urgence des pratiques techniques, les données climatologiques de conception, les codes et les normes. • Les régions en situation de stress hydrique s'étendront en conséquence de la diminution du ruissellement dans nombre d'entre elles, tandis que la qualité de l'eau et la quantité d'eau disponible baisseront, sur une base saisonnière, dans toutes les régions du Canada.

Sources : Environnement Canada (2012), *Climate information to inform new codes and standards*, www.ec.gc.ca/sc-cs/default.asp?lang=En&n=20CD1ADB-1 (dernier accès le 2 octobre 2012) ; Environnement Canada (2004), *Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada*, Institut national de recherche sur les eaux, Burlington, Ontario, Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE n° 3 et Série de documents d'évaluation de la science de la DGSAC n° 1, *www.ec.gc.ca/ inre-nwri/default.asp ?lang=En&n=0CD66675-1&offset=1&toc=show* (dernier accès le 20 novembre 2012) ; Gouvernement du Canada (2010), *Cinquième rapport national du Canada sur les changements climatiques*, http://unfccc.int/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/items/4903.php (dernier accès le 20 juin 2012) ; Gouvernement du Canada (2007), *Vivre avec les changements climatiques au Canada,* D.S. Lemmen et al. (eds.), Ressources naturelles Canada, Environnement Canada, Ottawa, Ontario ; Gouvernement du Canada (2004), *Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne*, D.S. Lemmen et F.J. Warren (eds.), Ressources naturelles Canada, Ottawa, Ontario.

Principaux documents d'orientation

Document	Référence à l'eau ?	Type	Année	Institution compétente
Cadre stratégique fédéral sur l'adaptation	non	Cadre fédéral sur l'adaptation	2011	Gouvernement du Canada
Étude pancanadienne sur les impacts et l'adaptation à la variabilité et au changement climatique	oui	Évaluation nationale des impacts	2000	Environnement Canada
Vivre avec les changements climatiques au Canada	oui	Évaluation nationale des risques	2008	Ressources naturelles Canada
Établissement d'orientations stratégiques pour l'eau [1]	oui	Document stratégique concernant l'eau	2010	Conseil canadien des ministres de l'environnement
Faire face au changement climatique : Stratégie d'adaptation et plan d'action de l'Ontario	oui	Mesures infranationales	2011	Gouvernement de l'Ontario
Loi sur le développement des technologies de l'eau et la conservation de l'eau	oui	Mesures infranationales	2010	Gouvernement de l'Ontario
Preparing for Climate Change : British Columbia's Adaptation Strategy	oui	Mesures infranationales	2010	Gouvernement de la Colombie-Britannique
Living Water Smart	oui	Mesures infranationales		Gouvernement de la Colombie-Britannique
De l'eau pour la vie : Stratégie de gestion des ressources en eau de la Nouvelle-Ecosse	oui	Mesures infranationales	2010	Gouvernement de la Nouvelle-Ecosse
The Manitoba Water Strategy	oui	Mesures infranationales	2003	Gouvernement du Manitoba
Northwest Territories Water Stewardship Strategy	oui	Mesures infranationales	2010	Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest
Water for Life	oui	Mesures infranationales	2008	Gouvernement de l'Alberta
Water for Life : Action Plan	oui	Mesures infranationales	2009	Gouvernement de l'Alberta
Plan d'action sur les changements climatiques	oui	Mesures infranationales	2008	Gouvernement du Québec
Politique nationale de l'eau du Québec	oui	Mesures infranationales	2002	Gouvernement du Québec
Saskatchewan Energy and Climate Change Plan	oui	Mesures infranationales	2007	Gouvernement de la Saskatchewan
La Stratégie d'adaptation panterritoriale : Agir ensemble pour s'adapter au changement climatique dans le Nord canadien	oui	Mesures infranationales	2011	Gouvernements du Nunavut, des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon
Climate Change Adaptation Strategy for Atlantic Canada	oui	Mesures infranationales	2008	Gouvernements du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard, de la Nouvelle-Ecosse ainsi que de Terre-Neuve-et-Labrador
Plan d'action sur les changements climatiques	oui	Mesures infranationales	2007	Gouvernement du Nouveau-Brunswick
Prince Edward Island and Climate Change : A Strategy for Reducing the Impacts of Global Warming	oui	Mesures infranationales	2008	Gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard
Climate Change Action Plan	oui	Mesures infranationales	2005	Gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador

1. L'un des buts visés est d'atténuer les impacts du changement climatique sur les ressources en eau grâce à des stratégies d'adaptation.

Instruments d'action [1]

Instruments / Domaines	Instruments réglementaires [2]	Instruments économiques	Information et autres instruments
Quantité d'eau	**Ontario :** Le plan d'intervention en cas de baisse du niveau des eaux prévu dans le cadre du Programme d'intervention en matière de ressources en eau a pour but d'atténuer les répercussions des sécheresses sur l'approvisionnement en eau. Il a été conçu pour faire face à la fréquence accrue des situations de bas niveaux d'eau, comme la grave sécheresse de 1998-99, découlant du changement des conditions climatiques.		• Outils novateurs de gestion des risques au service de l'adaptation : des lignes directrices et des outils pour faire face aux risques liés au changement climatique, par exemple « S'adapter aux changements climatiques : Guide fondé sur la gestion des risques à l'intention des gouvernements locaux », "Infrastructure Climate Risk Protocol" (protocole de risque climatique pour l'infrastructure). www.rncan.gc.ca/sciences-terre/changements-climatiques/adaptation-collectivites/351 • Outils de planification de l'adaptation : ils orientent les utilisateurs, depuis l'évaluation des risques jusqu'à la définition et la mise en œuvre des mesures d'adaptation, par exemple « Un climat qui change, des collectivités qui changent elles aussi : Guide pour planifier l'adaptation des municipalités aux changements climatiques » et « Canadian Communities' Guidebook for Adaptation to Climate Change ». www.rncan.gc.ca/sciences-terre/changements-climatiques/adaptation-collectivites/351 • Water and Climate Compendium : site Web qui donne accès à des informations, des produits de diffusion du savoir et des formations concernant l'adaptation des ressources hydrologiques au changement climatique. http://waterandclimate.ca/WP/ • Système d'alerte précoce : le Service météorologique du Canada, qui relève d'Environnement Canada, est le seul organisme habilité à prévenir les Canadiens des phénomènes météorologiques imminents, à fort impact, susceptibles de mettre en péril leur vie ou leurs biens. • « Un cadre pancanadien pour la surveillance de la qualité de l'eau » (2006) qui a pour but de guider les gouvernements dans la planification et la mise en œuvre des programmes de surveillance de la qualité de l'eau. www.ccme.ca/assets/pdf/wqm_framework_1.0_fr_web.pdf
Qualité de l'eau			
Distribution d'eau et assainissement	**Ontario :** La loi sur le développement des technologies de l'eau et la conservation de l'eau (2010) permet à la province de prendre des règlements qui obligeront à adopter des solutions nouvelles et novatrices pour réduire les pressions qui s'exercent sur les ressources en eau et s'attaquer aux répercussions d'un climat qui change. La loi prescrit que les municipalités établissent un Plan de durabilité des eaux municipales comprenant un plan de conservation de l'eau, une évaluation des risques et un plan pour faire face à ces risques, en vue de remédier aux problèmes posés par le changement climatique et ses répercussions sur les ressources en eau.		
Phénomènes météorologiques extrêmes	**Ontario :** Le code du bâtiment est un texte fondamental important pour faire face aux effets directs et indirects du changement climatique. Des travaux sont en cours au sein du ministère des Affaires municipales et du Logement pour établir la prochaine édition du code du bâtiment prévoyant des mesures pour rendre les nouveaux bâtiments dans l'Ontario résilients aux impacts du changement climatique et plus économes en eau et en énergie.		
Écosystèmes			

1. Les questions de gestion de l'eau relèvent au premier chef de la compétence des gouvernements des provinces et des territoires du Canada. Les principales initiatives provinciales et territoriales relatives au changement climatique et au domaine de l'eau sont énumérées dans la section 2. Pour de plus amples renseignements sur les principales mesures prises à l'échelon infranational visant l'adaptation au changement climatique et les hydrosystèmes, se reporter aux sites Web des gouvernements des provinces et des territoires.

2. Cette section présente quelques exemples d'instruments réglementaires du gouvernement de l'Ontario.

Principaux programmes de recherche

- Environnement Canada mène un large éventail d'activités de recherche climatologique, notamment des études de processus, des analyses de données, la surveillance des émissions de gaz à effet de serre, ainsi que des modélisations climatiques à l'échelle mondiale et régionale. www.ec.gc.ca/sc-cs/default.asp?lang=Fr&n=1F788646-1
- Environnement Canada se consacre aussi à des recherches à l'échelle nationale sur les impacts du changement climatique et l'approvisionnement en eau. www.ec.gc.ca/sc-cs/default.asp?lang=Fr&n=9AF9494E-1. Des programmes de recherche axés sur le changement climatique et l'eau sont exécutés dans le cadre de plusieurs services ou ministères.
- Le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada a annoncé en 2012 un programme intitulé « Recherche sur les changements climatiques et l'atmosphère » (RCCA) qui a pour vocation de financer de nouvelles recherches sur le changement climatique au Canada et d'encourager l'amélioration de collaboration entre scientifiques du gouvernement canadien et chercheurs universitaires. www.nserc-crsng.gc.ca/Professors-Professeurs/Grants-Subs/CCAR-RCCA_fra.asp

Principaux mécanismes de financement et programmes d'investissement

- Le gouvernement du Canada a investi 85.9 millions CAN sur la période 2007-11 pour aider les Canadiens à renforcer leurs capacités d'adaptation au changement climatique. Les initiatives ainsi financées ont enrichi les connaissances scientifiques et permis de perfectionner les outils nécessaires pour prendre de nouvelles mesures de lutte contre le changement climatique et réduire les risques auxquels sont exposés les Canadiens. www.ec.gc.ca/default.asp?lang=Fr&xml=91E1F38E-C53C-404B-9512-22EA69C08787
- En novembre 2011, le gouvernement a annoncé que 148.8 millions CAN seraient alloués sur cinq ans à des projets visant à améliorer la compréhension, sur le plan scientifique surtout, des répercussions du changement climatique afin d'éclairer la prise de décisions en matière d'adaptation, de protéger la santé de la population, et d'étudier les aspects concernant les collectivités du Nord et les collectivités autochtones ainsi que les questions de compétitivité économique. www.climatechange.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=2B2A953E-1 (Il est à noter que ces programmes ne sont pas tous axés sur la problématique de l'eau.)
- Le financement des nouvelles recherches qui seront menées au Canada au sujet du changement climatique sera assuré par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada dans le cadre du nouveau programme « Recherche sur les changements climatiques et l'atmosphère » (RCCA). www.nserc-crsng.gc.ca/Professors-Professeurs/Grants-Subs/CCAR-RCCA_fra.asp

Faits marquants et initiatives novatrices

- Le programme d'Initiatives de collaboration pour l'adaptation régionale (ICAR) à l'égard des changements climatiques est un programme fédéral à frais partagés, doté de 30 millions CAN sur trois ans, qui vise à aider les Canadiens à réduire les risques et à maximiser les occasions associées aux changements climatiques. Il a aidé les communautés à se préparer en vue de l'adaptation aux répercussions locales occasionnées par les changements climatiques, comme la diminution des sources d'approvisionnement en eau douce ou l'augmentation des sécheresses, des inondations et de l'érosion côtière.
  - L'ICAR de la Colombie-Britannique intitulée *Se préparer aux changements climatiques pour assurer l'avenir de l'eau en Colombie-Britannique* s'efforce d'accroître la résilience au climat en évolution et à ses incidences connexes prévues sur l'eau et les écosystèmes aquatiques. www.rncan.gc.ca/sciences-terre/changements-climatiques/adaptation-collectivites/collaboration-regionale/699
  - L'ICAR des Prairies concerne essentiellement une série de projets visant à faire progresser les processus décisionnels dans les domaines de l'approvisionnement en eau et de la demande d'eau, de la planification liée aux sécheresses et aux inondations, ainsi que des écosystèmes des forêts et des prairies. www.rncan.gc.ca/sciences-terre/changements-climatiques/adaptation-collectivites/collaboration-regionale/226
  - Pour remédier aux vulnérabilités face au changement climatique, l'ICAR de l'Ontario porte sur une série de projets visant à faire progresser les processus décisionnels dans les domaines de la gestion des risques liés aux conditions météorologiques extrêmes, de la gestion de l'eau et de la planification urbaine. www.rncan.gc.ca/sciences-terre/changements-climatiques/adaptation-collectivites/collaboration-regionale/235
  - La gestion de l'eau est l'un des thèmes au cœur de l'ICAR du Québec, avec pour objectif d'amorcer l'adaptation sur des problématiques ciblées en fournissant des informations et des outils spécialisés aux gestionnaires gouvernementaux de l'eau et aux organismes de bassins versants. www.rncan.gc.ca/sciences-terre/changements-climatiques/adaptation-collectivites/collaboration-regionale/820#water .
  - le projet Solutions d'adaptation aux changements climatiques de l'Atlantique a œuvré en collaboration avec de nombreux partenaires gouvernementaux et non gouvernementaux pour accroître la résilience de cette région du Canada au climat en évolution. Plusieurs projets ont été entrepris pour s'attaquer aux vulnérabilités que présente la région. www.rncan.gc.ca/sciences-terre/changements-climatiques/adaptation-collectivites/collaboration-regionale/251
- La stratégie des Territoires du Nord-Ouest, "Northern Voices, Northern Waters – Northwest Territory Water Stewardship Strategy", publiée en mai 2010, vise à pérenniser dans ces Territoires la quantité et la qualité des ressources en eau, un approvisionnement sûr en eau et la résilience des écosystèmes d'eau douce. Un plan d'action couvrant la période 2011-15 a été établi. www.enr.gov.nt.ca/_live/pages/wpPages/water.aspx

Ce profil national a été préparé par le Secrétariat de l'OCDE à partir des informations dont il disposait en juin 2013. De plus amples informations et analyses figurent dans la publication de l'OCDE (2013), *Eau et adaptation au changement climatique : des politiques pour naviguer en eaux inconnues*, Études de l'OCDE sur l'eau, Éditions OCDE, http://dx.doi.org/10.1787/9789264200647-fr. Les profils nationaux de tous les pays membres de l'OCDE sont téléchargeables à l'adresse www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm. Ils seront régulièrement mis à jour. Les profils de pays partenaires devraient être ajoutés progressivement.

France

Impacts du changement climatique sur les hydrosystèmes

Évolutions observées et tendances	• Depuis la fin des années 80, les températures moyennes augmentent rapidement, à un rythme plus rapide que la moyenne mondiale, tendance constatée également dans les territoires d'Outre-Mer. • Les glaciers alpins français ont perdu du volume, et la même tendance est observable dans les Pyrénées. • La faune et la flore sont également affectées. L'influence du changement climatique sur les dates de maturité de la vigne et donc sur celles de la récolte du raisin est bien connue, mais les arbres (fruitiers, pour bois d'œuvre, etc.) connaissent aussi une variation de leurs cycles végétatifs.
Impacts prévus	Les projections à l'horizon 2050 laissent notamment présager : • Une diminution modérée des débits en hiver, en moyenne d'ensemble, excepté dans le sud-est du pays et les Alpes, où ils augmentent. Au printemps, des changements faibles, en général. En été et en automne, une réduction importante des débits. • Une forte augmentation du nombre de jours d'étiage. • Une diminution de l'humidité des sols quelle que soit la saison, excepté dans des zones de montagnes en hiver et/ou au printemps. • Une baisse considérable des précipitations neigeuses et des hauteurs maximales de neige accumulée à basse altitude, effet qui s'atténue à mesure que l'altitude augmente. • Dans l'hypothèse où la demande individuelle resterait stable, une augmentation de 2 milliards de m³ des approvisionnements en eau nécessaires pour répondre aux besoins de l'industrie, de l'agriculture et des ménages. • Une réduction quantitative des ressources en eau, couplée à une augmentation possible de la pression anthropique due à la croissance démographique, qui pourrait avoir des répercussions importantes sur la qualité de l'eau. • Une réduction des débits de crues très en-dessous de la moyenne dans certains cas, mais une augmentation dans d'autres. • Dans l'état actuel des connaissances, pas de tendance nette à une forte augmentation du risque d'inondations par débordement. • Augmentation importante dans toutes les régions de la durée et de l'intensité des sécheresses en été.

Préoccupations prioritaires	Quantité d'eau	Qualité de l'eau	Distribution d'eau et assainissement	Phénomènes météorologiques extrêmes	Écosystèmes
	✓ (stress accru dans les régions déjà affectées)			✓ (sécheresse dans le sud de la France)	
Principales vulnérabilités	• Irrigation dans le sud-ouest à l'avenir				

Sources : Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (2009), *Changement climatique – Coûts des impacts et pistes d'adaptation*, www.developpement-durable.gouv.fr/Rapport-de-l-ONERC-no3.html (dernier accès le 29 juin 2012); Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2011), *Plan national d'adaptation de la France aux effets du changement climatique 2011-2015*, www.developpement- durable.gouv.fr (dernier accès le 29 juin 2012); Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2009), *Cinquième communication nationale de la France à la CCNUCC*, http://unfccc.int/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/items/4903.php (dernier accès le 20 juin 2012); Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2006), *Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique*, Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique, www.developpement-durable.gouv.fr (dernier accès le 29 juin 2012).

Principaux documents d'orientation

Document	Référence à l'eau ?	Type	Année	Institution compétente
Loi sur l'eau et les milieux aquatiques – LEMA	oui	Acte juridique	2006	Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE)
Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique	oui	Stratégie nationale d'adaptation	2006	MEDDE

Principaux documents d'orientation *(suite)*

Document	Référence à l'eau ?	Type	Année	Institution compétente
Changement climatique – Coûts des impacts et pistes d'adaptation	oui	Évaluation nationale des risques	2009	Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC)
Plan national d'adaptation au changement climatique	oui	Plan national d'adaptation	2011	MEDDE
Schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) et Plans climat-énergie territoriaux (PCET) : responsabilités régionales en matière d'adaptation		Mesures infranationales (juridiquement contraignantes)	en cours d'élaboration	État et Régions (SRCAE) Collectivités territoriales (PCET)
Plans de gestion, composés de Schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux – SDAGE et de programmes de mesures	oui	Documents de planification à l'échelle du bassin versant	2010-15	Agences de l'eau

Instruments d'action

Instruments / Domaines	Instruments réglementaires	Instruments économiques	Information et autres instruments
Quantité d'eau	• Nouvelle méthode pour définir les volumes prélevables : dans les sous-bassins, définition des volumes que peut prélever chaque catégorie d'utilisateurs de l'eau (ménages, agriculteurs et entreprises), en veillant au maintien d'un débit écologique minimal afin que la demande n'excède pas l'offre au niveau local. Ces volumes seront revus à des intervalles réguliers de quelques années en fonction de la tendance des approvisionnements, et notamment des impacts liés au climat.	• Mise à jour périodique (tous les cinq ans) des taux des taxes environnementales sur l'eau dans les programmes d'intervention des agences de l'eau, pour remédier à des problèmes nouveaux dans le domaine de l'eau, y compris ceux liés à la diminution de la quantité d'eau disponible.[1]	• Portail de communication pour la diffusion d'informations sur les impacts du changement climatique. • Objectif : économiser 20 % des prélèvements d'eau (hors stockage de l'eau) à l'horizon 2020, par rapport à la moyenne annuelle de la période 2005 10. Mesures : entre autres, communication sur les avantages des économies d'eau ainsi que soutien financier aux activités d'économie d'eau et promotion de la collecte des eaux de pluie. • Portail d'information sur les sécheresses et les restrictions d'eau (PROPLUVIA) : base de données consultable en temps réel et cartes des éventuels arrêtés de restriction d'eau par département. http://propluvia.developpement-durable.gouv.fr/propluvia/faces/index.jsp • Tous les plans de gestion des risques comporteront une cartographie des risques d'inondation dans les régions où ces risques sont élevés. • Orientations sur la prise en compte du changement climatique dans les procédures de planification de la gestion des eaux (MEDDE, agences de l'eau). • Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines au changement climatique (ONEMA). • Définition de scénarios possibles d'adaptation des activités consommatrices d'eau dans des régions déjà déficitaires en eau (MEDDE, en collaboration avec d'autres).

Instruments d'action (suite)

Instruments / Domaines	Instruments réglementaires	Instruments économiques	Information et autres instruments
Qualité de l'eau	• Voir ci-dessus, débits écologiques minimaux qui contribuent au maintien du bon état écologique des milieux aquatiques.		• Portail d'information sur les risques majeurs : fournit au grand public des renseignements aisément accessibles sur les risques majeurs (y compris les catastrophes naturelles, comme les inondations). www.risques.gouv.fr/
Distribution d'eau et assainissement	• Cadre réglementaire et soutien financier encourageant la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation de cultures et l'arrosage des espaces verts.	• Redevances au titre de la modernisation des réseaux de collecte des eaux usées payables par les abonnés raccordés à des réseaux de distribution et d'égouts, dans le but de contribuer au renouvellement approprié des infrastructures et dispositifs dans le domaine de l'eau.[2]	
Phénomènes météorologiques extrêmes	• Accélération du déploiement des plans de prévention des risques d'inondation : ces plans visent à atténuer l'impact des inondations en limitant la construction de bâtiments dans les zones à risque et en protégeant les zones bâties contre les inondations, ainsi qu'en prescrivant des mesures de renforcement du bâti existant. www.developpement-durable.gouv.fr/L-acceleration-des-Plans-de.html • Le plan national submersions rapides (PSR)[3] propose des actions pour assurer la sécurité des personnes exposées à différents types de risques d'inondation. Il décline les actions nationales (réglementation, instruments d'information) communes aux différents niveaux d'administration et les projets locaux. • Prise en compte dans les procédures d'urbanisme des effets du changement climatique sur les risques naturels : dans la mise en œuvre de la directive inondation, l'adaptation au changement climatique figurera parmi les éléments fondamentaux des stratégies locales.	• La réforme du régime d'assurance contre les catastrophes naturelles[4] (CatNat) : étude en cours sur l'éventuel ajustement des primes pour favoriser une responsabilisation accrue des acteurs à l'égard de leur exposition effective aux risques. Le Sénat examine actuellement un projet de loi permettant l'ajustement des primes par rapport au volume d'investissement engagé par des entreprises ou des collectivités locales pour réduire les risques. • Encourager la souscription d'assurances habitation dans les territoires d'Outre-Mer afin que les ménages bénéficient de l'indemnisation CatNat. • « Taxe pluviale » (décret, 2011) : elle autorise les communes à instituer une taxe pour financer la gestion des eaux pluviales urbaines en incitant à limiter les surfaces imperméabilisées et en favorisant l'infiltration.	
Écosystèmes	• Les débits écologiques minimaux qui contribuent au maintien du bon état écologique des milieux aquatiques (voir ci-dessus, description concernant la quantité d'eau).	• Les agences de l'eau subventionnent des projets visant à protéger et à restaurer des milieux dégradés par suite d'un déficit hydrique, entre autres problèmes d'environnement.	

1. Les agences de l'eau proposent les nouveaux taux, puis les comités de bassin (où sont représentés les utilisateurs, l'État et les agences de l'eau) en débattent et se prononcent par un vote sur les taux des redevances finalement adoptés.

2. S'agissant du calibrage des taux, voir ci-dessus l'explication concernant les taxes environnementales sur l'eau.

3. Publié en juillet 2012.

4. Le régime français d'assurance contre les catastrophes naturelles (CatNat) repose sur le principe de la solidarité et intègre trois éléments principaux : (i) l'obligation légale de souscrire un contrat d'assurance, étant donné que l'assurance sur les biens comprend obligatoirement une garantie contre les risques de catastrophes naturelles ; (ii) une surprime d'assurance relative à la garantie catastrophes naturelles (CatNat) payée par tous les assurés à un taux uniforme (12 % pour une police multirisque habitation, 6 % pour un contrat d'assurance véhicule) ; (iii) la garantie de l'État au bénéfice de la Caisse centrale de réassurance. Sur la période 1982-06, 60 % des indemnisations versées au titre de la CatNat (7.3 milliards EUR) on concerné des dommages causés par des inondations. Bommelaer, et al. (2011), *Le financement de la gestion des ressources en eau en France – étude de cas pour un rapport de l'OCDE,* Collection « Études et documents » du Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable.

Principaux programmes de recherche

- Explore 2070 : après avoir défini une vision systémique des impacts découlant de changements dans le cycle de l'eau, des coûts et des risques liés à différents scénarios climatiques, ce projet examine des stratégies d'adaptation possibles pour la métropole et les départements d'Outre-Mer à l'horizon 2070 (MEDDE/DGALN/DEB).
- Projet visant à acquérir de nouvelles connaissances à l'échelle de grands bassins versants par la modélisation des hydrosystèmes en intégrant les impacts du changement climatique (agences de l'eau).
- Projet visant à évaluer l'impact de la variabilité climatique sur les régimes d'étiage (ONEMA).
- Évaluation des conditions de mise en œuvre d'une gestion active des ressources en eau souterraine (ONEMA/DBSN/MTES).
- Projet visant à consolider la connaissance des risques d'inondation et à évaluer les impacts du changement climatique (MEDDE/DGPR).
- Inventaire des mesures de prévention des inondations et conception d'un outil d'aide à la décision (MEDDE).
- Projet visant à poursuivre la cartographie des risques d'inondation pour les territoires à risque important (dans le cadre de la mise en œuvre de la directive européenne inondation).

Principaux mécanismes de financement et/ou programmes d'investissement

- Le plan national d'adaptation de la France aux effets du changement climatique (2011-15) : énumère 84 actions et 230 mesures spécifiques dont le coût s'élève à environ 171 millions EUR. A ce montant directement dédié aux nouvelles mesures s'ajoutent 391 millions EUR supplémentaires (Investissement d'avenir) qui seront investis dans la recherche et l'innovation et qui participeront de près ou de loin à l'adaptation. Par ailleurs, 500 millions EUR seront investis durant la période 2011-16 pour mettre en œuvre le plan sécheresse et le plan submersions rapides.
- Introduction de critères d'éligibilité, permettant d'éviter les projets « mal adaptés », dans les dispositifs de financements publics et privés pertinents : initiative visant à faire de l'adaptation au changement climatique un critère d'éligibilité au financement d'investissements de longue durée de vie. Une approche et un outil méthodologiques ont été mis au point, dont la publication est prévue à l'automne 2012, et parmi lesquels figure une composante tendancielle de la consommation d'eau. Mobilisation de ressources financières pour l'adaptation : recenser les mécanismes de financement existants et étudier comment ils pourraient être modifiés pour financer l'adaptation, ainsi que réaliser une étude des sources potentielles de financement supplémentaire. Des exemples précis sont notamment la révision des taux des redevances de prélèvement tous les 5 ans, dans tous les bassins, pour (i) accroître les recettes fiscales et (ii) envoyer aux utilisateurs un signal-prix approprié, reflétant la valeur de rareté de la ressource au niveau local. En font partie également les subventions accordées par les agences de l'eau à des projets respectueux de l'environnement dans le domaine de l'eau. Ces instruments économiques sont mis au service des objectifs définis dans les SDAGE (voir tableau ci-dessus), qui comportent aujourd'hui des éléments relatifs au changement climatique.
- Étude de dispositifs novateurs de financement pour inciter les individus à s'adapter au changement climatique. Par exemple, la nouvelle taxe pour la gestion des eaux pluviales (seulement dans les communes qui décident de l'appliquer), qui a pour but de lutter contre l'imperméabilisation des sols et de favoriser ainsi la recharge naturelle des nappes souterraines.
- Plusieurs programmes d'investissement afin que les agences de l'eau réduisent les pertes en eau et augmentent l'approvisionnement : ils visent particulièrement à réduire les fuites dans les réseaux de distribution d'eau potable, à favoriser la réutilisation des eaux usées ainsi qu'à optimiser le stockage de l'eau ou l'aménagement de nouvelles installations à cet effet, selon les besoins. Des subventions sont accordées au titre de projets relatifs à l'eau respectueux de l'environnement[1].
- Investissement national dans l'innovation et la recherche, Investissements d'avenir : montée en puissance de la recherche sur l'adaptation.

1. Les montants alloués aux différentes agences de l'eau sont indiqués dans le « Projet de Loi de Finances 2012 » (rapports sur les recettes fiscales et les dépenses votées par le Parlement), consultable à l'adresse : www.performance-publique.budget.gouv.fr/farandole/2012/pap/pdf/Jaune2012_agences_eau.pdf : 12 millions EUR en 2010 (pages 22-23).

Faits marquants et initiatives novatrices

- **Réforme du régime d'assurance contre les catastrophes naturelles (CatNat) :** réformes en cours visant à adapter le régime au contexte du changement climatique. Réformes visant à faire de l'assurance une incitation économique efficace à la prévention des risques. (Voir référence ci-dessus au projet de loi examiné au Sénat).
- **Promotion de l'efficience de l'utilisation de l'eau : objectif d'économies à l'horizon 2020 de 20 % de l'eau prélevée (hors stockage d'eau en hiver), par rapport à la moyenne annuelle de la période 2005-10. Mesures à mettre en œuvre à cet effet, notamment :** communication sur les avantages des économies d'eau ainsi que soutien financier aux activités visant à économiser l'eau et promotion de la collecte des eaux pluviales. (Voir ci-dessus les projets de réduction des fuites, mais aussi en faveur de la collecte des eaux pluviales, qu'il est possible de financer grâce à des crédits d'impôt baptisés « crédits d'impôts développement durable ».
- **Plans de prévention des risques d'inondation :** visent à atténuer les conséquences des aléas naturels, tant pour les vies humaines que pour les dommages aux divers bâtiments et activités, principalement en limitant l'augmentation du bâti en zones à risques et en protégeant les zones bâties contre les inondations, ainsi qu'en prescrivant des mesures de renforcement du bâti existant. En 2013, toutes les zones à risques devraient être couvertes par un plan. www.developpement-durable.gouv.fr/L-acceleration-des-Plans-de.html.

Ce profil national a été préparé par le Secrétariat de l'OCDE à partir des informations dont il disposait en juin 2013. De plus amples informations et analyses figurent dans la publication de l'OCDE (2013), *Eau et adaptation au changement climatique : des politiques pour naviguer en eaux inconnues*, Études de l'OCDE sur l'eau, Éditions OCDE, http://dx.doi.org/10.1787/9789264200647-fr. Les profils nationaux de tous les pays membres de l'OCDE sont téléchargeables à l'adresse www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm. Ils seront régulièrement mis à jour. Les profils de pays partenaires devraient être ajoutés progressivement.

Luxembourg

Impacts du changement climatique sur les hydrosystèmes

Évolutions observées et tendances	• Élévation des températures moyennes annuelles dans les dernières décennies. La température moyenne annuelle enregistrée dans la capitale dans la seconde moitié du XXe siècle (environ 9 °C) est régulièrement dépassée de nos jours. Depuis 2000, la température moyenne annuelle se situe entre 9.3 °C (2001) et 11.3 °C (2007). Cette augmentation est principalement due à des températures plus élevées en hiver. • Variabilité notable de la distribution saisonnière des précipitations au cours des 130 dernières années. • Des inondations plus fréquentes, qui s'expliquent par une redistribution importante des précipitations hivernales, ont entraîné une augmentation du ruissellement journalier maximum pendant l'hiver. • Augmentation de la fréquence et de la durée des périodes sèches.
Impacts prévus	• Hausse des températures comprise entre 1 °C et 2.2 °C d'ici à 2050, par rapport à la période 1960-90. La température moyenne annuelle devrait atteindre 11.6 °C dans la période allant de 2071 à 2100. • Stabilité relative des précipitations annuelles totales d'ici à 2100, selon des études préliminaires. Une redistribution importante des précipitations saisonnières totales (baisse des précipitations estivales et augmentation des précipitations hivernales) est toutefois à craindre dans la seconde moitié du siècle. En hiver, hausse des précipitations comprise entre 0 et 25 % d'ici à 2050, s'accompagnant d'une augmentation des débits. En été, diminution des précipitations comprise entre 5 et 25 % à l'horizon 2050, d'où réduction du ruissellement. • Détérioration de la qualité de l'eau due à l'intensification des précipitations (érosion croissante, infiltration rapide vers les nappes) et décalage dans le temps de la principale période de recharge des nappes souterraines. • Les modifications du cycle de l'eau pourraient aggraver les risques de santé publique liés à la qualité de l'eau et à des déficits hydrologiques. • Augmentation du risque d'inondation fluviale en hiver et du risque de sécheresse.

Préoccupations prioritaires	Quantité d'eau	Qualité de l'eau	Distribution d'eau et assainissement	Phénomènes météorologiques extrêmes	Écosystèmes
	✓	✓	✓	✓ (inondations)	

Principales vulnérabilités	• Approvisionnement en eau potable en raison de l'accroissement prévu de la consommation d'eau potable dû à l'évolution démographique [1]. • Recharge des nappes souterraines à cause du décalage de la principale période de recharge. • Changements du régime hydrologique des cours d'eau. • Détérioration de la qualité de l'eau due à l'intensification des pluies, à l'érosion croissante et à l'infiltration rapide vers les nappes souterraines, etc. • Gestion des crues et des étiages. • Navigation.

1. Des mesures de restriction de l'utilisation de l'eau pourraient être mises en place pendant les périodes chaudes afin d'écrêter les pointes de consommation d'eau. L'approvisionnement en eau potable doit aussi répondre aux besoins de 150.000 navetteurs frontaliers par jour.

Sources : Département de l'environnement (2010), *Cinquième Communication nationale du Luxembourg, http://unfccc.int/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/items/4903.php* (dernier accès le 20 juin 2012) ; Görgen, K. et al. (2010), *Assessment of Climate Change Impacts on Discharge in the Rhine River Basin : Results of the RheinBlick2050 Project,* Rapport de la Commission internationale de l'hydrologie du bassin du Rhin (CHR), I-23, 229 pages, Lelystad, ISBN 978-90-70980-35-1 ; Commission internationale pour la protection du Rhin (2011), Study of Scenarios for the Discharge Regime of the Rhine (étude des scénarios concernant le régime hydrologique du Rhin), *www.iksr.org/fileadmin/user_upload/ Dokumente_en/Reports/188_e.pdf* (dernier accès le 12 août 2012).

Principaux documents d'orientation

Document	Référence à l'eau ?	Type	Année	Institution compétente
Plan national d'adaptation [1]	oui	Plan national d'adaptation	2011	

1. Adopté en juin 2011 par le Conseil des ministres du gouvernement luxembourgeois, le plan accorde la priorité à la biodiversité, l'eau, l'agriculture et la foresterie.

Instruments d'action

Instruments Domaines	Instruments réglementaires	Instruments économiques	Information et autres instruments
Quantité d'eau	• Autorisations de prélèvement d'eaux superficielles et souterraines ainsi que comptage • Interdiction de certains usages de l'eau (par exemple pour l'irrigation) afin de garantir l'approvisionnement en eau dans les périodes critiques (par exemple « phase orange », « phase rouge »)		• Efforts visant à réduire l'utilisation non efficiente de l'eau et à promouvoir les infrastructures économes en eau et les systèmes de collecte des eaux de pluie. • Campagnes de sensibilisation aux économies d'eau potable. • Protection contre l'érosion, développement de l'utilisation durable des sols. • Une évaluation préliminaire des risques d'inondation a été réalisée, parallèlement à l'élaboration de cartes des aléas et des risques d'inondation. Il est prévu d'établir un plan de gestion des risques d'inondation pour 2015. • Systèmes de préalerte : le Luxembourg dispose d'un réseau dense de stations météorologiques et de stations hydrométriques ; il prend aussi des initiatives de diffusion publique d'informations (les autorités compétentes et la population sont renseignées et alertées sur les crues 48 heures environ avant l'événement de crue[1]. • Augmentation de volume des retenues naturelles pour améliorer la prévention des crues soudaines. • Travaux visant à éviter une aggravation des pressions exercées sur les ressources en eau due à l'apparition de nouvelles sources de pollution des eaux superficielles et souterraines découlant des nouvelles stratégies énergétiques (forages géothermiques, stockage du CO_2, exploitation de gaz de schistes, biocarburants)
Qualité de l'eau			
Distribution d'eau et assainissement	• Mesures contraignantes visant à écrêter les pointes de consommation d'eau potable pendant les périodes chaudes en été (par exemple « phase orange », « phase rouge »)		
Phénomènes météorologiques extrêmes			
Écosystèmes			

1. Le service d'alerte de crues opère en coopération avec l'Administration de la gestion de l'eau et le Service de la navigation : www.inondations.lu.

Principaux programmes de recherche

- Le gouvernement luxembourgeois finance des institutions de recherche afin qu'elles se livrent à des recherches sur le changement climatique concernant la vulnérabilité, l'atténuation et l'établissement de projections des émissions.
- Le Luxembourg participe actuellement au projet régional Flow MS (gestion des crues et des étiages dans le bassin versant de la Moselle et de la Sarre) visant à évaluer les impacts du changement climatique sur les crues et les étiages dans les bassins de la Moselle et de la Sarre ainsi qu'à élaborer des stratégies d'adaptation[1].
- Adaptation des stratégies de surveillance pour établir de longues séries de données chronologiques sur les eaux superficielles et souterraines afin de distinguer la variabilité naturelle, les influences anthropiques et les effets du changement climatique.

1. Ce projet bénéficie du soutien du programme INTERREG IV-A « Grande Région » (le programme Interreg dans l'Union européenne : Coopération territoriale Européenne, communément appelé INTERREG, constitue un des leviers de cette politique pour la période 2007-13. Il est financé par le Fonds européen de développement régional.

Principaux mécanismes de financement et programmes d'investissement

Ce profil national a été préparé par le Secrétariat de l'OCDE à partir des informations dont il disposait en juin 2013. De plus amples informations et analyses figurent dans la publication de l'OCDE (2013), *Eau et adaptation au changement climatique : des politiques pour naviguer en eaux inconnues*, Études de l'OCDE sur l'eau, Éditions OCDE, http://dx.doi.org/10.1787/9789264200647-fr. Les profils nationaux de tous les pays membres de l'OCDE sont téléchargeables à l'adresse www.oecd.org/fr/env/ressources/leauetadaptationauchangementclimatique.htm. Ils seront régulièrement mis à jour. Les profils de pays partenaires devraient être ajoutés progressivement.

Suisse

Impacts du changement climatique sur les hydrosystèmes

Évolutions observées et tendances	• Les glaciers suisses ont perdu plus de 50 % de leur volume depuis 1850. Au cours des dernières décennies, on a observé une accélération spectaculaire de la fonte des glaciers. • Depuis 1965, les températures de l'eau des rivières ont sensiblement augmenté. • Les deux tiers des collectivités locales ont connu des inondations dans les 30 dernières années.				
Impacts prévus	• Dans l'ensemble, les précipitations abondantes, l'effet d'équilibrage de la couverture neigeuse et la fonte des glaciers devraient assurer des ressources suffisantes en eau. • Cependant, avec la diminution possible des précipitations estivales moyennes et du nombre de jours de pluie conjuguée à la hausse des températures en été, les périodes extrêmement sèches pourraient devenir plus fréquentes et durer plus longtemps. • L'augmentation de la température des cours d'eau entraînera un rétrécissement des habitats des poissons d'eaux froides et une expansion de ceux des poissons d'eaux chaudes. • L'élévation de la limite des neiges pourrait être à l'origine de crues, glissements de terrain, etc. plus fréquents pendant l'hiver. • L'intensité et la fréquence des événements extrêmes et des phénomènes naturels dangereux, notamment les fortes précipitations, les inondations, l'instabilité des pentes, les glissements de terrain, les chutes de roches, les épisodes caniculaires et les sécheresses, devraient augmenter selon les prévisions, mais les signaux des modèles sont faibles, dans la plupart des cas.				
Préoccupations prioritaires	Quantité d'eau	Qualité de l'eau	Distribution d'eau et assainissement	Phénomènes météorologiques extrêmes	Écosystèmes
		✓ (pendant les périodes d'étiage)		✓	✓ (gestion des conflits entre conservation et utilisation en périodes d'étiage)
Principales vulnérabilités	• Les régions alpines suisses sont particulièrement vulnérables.				

Sources : Organe consultatif sur les changements climatiques (2007), *Les changements climatiques et la Suisse en 2050 : Impacts attendus sur l'environnement, la société et l'économie ;* ProClim – Forum sur le climat et le changement global, Forum de l'Académie suisse des sciences naturelles, www.occc.ch/products/ch2050/PDF_F/CH2050-F.pdf (dernier accès le 11 août 2012) ; CCHydro (2012), Impacts des changements climatiques sur les eaux et les ressources en eau, www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01670/index.html?lang=fr (dernier accès le 15 août 2012) ; Confédération suisse (2009), *Cinquième communication nationale de la Suisse à la CCNUCC*, http://unfccc.int/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/items/4903.php (dernier accès le 20 juin 2012).

Principaux documents d'orientation

Document	Référence à l'eau ?	Type	Année	Institution compétente
Loi sur le CO2 [1]		Acte juridique	révisée en 2011	Conseil fédéral
Ordonnance sur le CO2		Acte juridique	en cours d'élaboration	Conseil fédéral
Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) [2]	oui	Acte juridique	révisée en 2011	Conseil fédéral
Ordonnance sur la protection des eaux	oui	Acte juridique	révisée en 2011	Conseil fédéral
Adaptation aux changements climatiques en Suisse – Objectifs, défis et champs d'action. Premier volet de la stratégie du Conseil fédéral	oui	Stratégie nationale d'adaptation	2012	Conseil fédéral

Principaux documents d'orientation *(suite)*

Document	Référence à l'eau ?	Type	Année	Institution compétente
	oui	Plan d'action national d'adaptation	prévu en 2013	Conseil fédéral
Stratégie nationale « Dangers naturels en Suisse »	oui	Stratégie de gestion des dangers naturels		PLANAT
Mise à jour de l'évaluation des risques et opportunités liés aux changements climatiques	oui	Évaluation nationale des risques	en cours d'élaboration	
Les changements climatiques et la Suisse en 2050	oui	Évaluation nationale des impacts attendus et de la vulnérabilité	2007	Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC)
Documents d'adaptation au niveau régional dans plusieurs cantons		Mesures infranationales	2011-en cours	Cantons
Adaptation aux changements climatiques dans les villes suisses		Mesures infranationales	2011-12	OFEV

1. La nouvelle loi sur le CO2, approuvée par l'Assemblée fédérale le 23 décembre 2011, définit le cadre juridique de la politique climatique suisse de 2013 à 2020. Alors que la version antérieure de la loi sur le CO2 (entrée en vigueur en mai 2000) était exclusivement axée sur la réduction des émissions, la loi révisée prévoit également la base juridique de l'adaptation.

2. La loi révisée vise le rétablissement des fonctions naturelles des eaux, les cantons étant tenus de délimiter l'espace réservé aux eaux superficielles ainsi que de planifier et de mettre en œuvre des mesures de revitalisation. Loi sur la protection des eaux : www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19910022/index.html ; Ordonnance : www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983281/index.html.

Instruments d'action

Instruments / Domaines	Instruments réglementaires	Instruments économiques	Information et autres instruments
Quantité d'eau	• Révision de la législation existante concernant les débits d'étiage, la régulation et la gestion des lacs ainsi que les usages multiples des réservoirs des Alpes.		• Portail d'information sur l'adaptation aux changements climatiques www.bafu.admin.ch/klimaanpassung/index.html?lang=fr • Idées directrices et recommandations pour définir les zones à risques et mettre en œuvre la gestion des ressources en eau/gestion par bassin versant. • Idées directrices et promotion concernant : la planification stratégique, l'interconnexion des réseaux de distribution d'eau et la régionalisation du traitement des eaux usées.
Qualité de l'eau	• Révision de la législation existante concernant l'évacuation des eaux usées et les rejets d'eau de refroidissement.		
Distribution d'eau et assainissement			
Phénomènes météorologiques extrêmes		• Régime d'assurance contre les catastrophes naturelles obligatoire pour tous les propriétaires de biens immobiliers.	
Écosystèmes	• Modification de la loi sur la protection des eaux (2011) : encourage la revitalisation des cours d'eau et des zones humides afin de rétablir la structure et les services des cours d'eau et de permettre une meilleure adaptation aux changements climatiques.		

Principaux programmes de recherche

- Le projet de recherche CCHydro sur les effets des changements climatiques sur les ressources en eau et les cours d'eau étudie les impacts des changements climatiques sur le cycle hydrologique www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01670/index.html?lang=fr
- Projet de recherche évaluant l'impact des changements climatiques sur la production hydroélectrique dans les Alpes suisses. www.hydrologie.unibe.ch/projekte/Synthesebericht.pdf./ (en allemand) www.hydrologie.unibe.ch/projekte/Rapport%20de%20synthese.pdf
- Impacts2014 : évaluation des impacts des changements climatiques en Suisse (publication en 2014).
- Programme national de recherche 61 (PNR 61) sur la « Gestion durable de l'eau » : a pour but d'étudier la capacité des systèmes naturels à résister aux effets des changements des conditions environnementales (conditions climatiques) en vue de concevoir des stratégies intelligentes et prospectives de gestion durable et intégrée des ressources hydrologiques. www.snf.ch/F/rechercheoriente/pnr/encours/Pages/_xc_nfp61.aspx

Principaux mécanismes de financement et programmes d'investissement

- Non encore abordés, mais devraient l'être dans la deuxième partie du plan d'action national d'adaptation (deuxième volet de la stratégie du Conseil fédéral, en préparation).

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, la Corée, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, Israël, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. L'Union européenne participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

ÉDITIONS OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
(97 2013 09 2 P) ISBN 978-92-64-04794-5 – 2014

Études de l'OCDE sur l'eau

L'eau et l'adaptation au changement climatique

DES POLITIQUES POUR NAVIGUER EN EAUX INCONNUES

L'eau est un élément essentiel à la croissance économique, à la santé humaine, à l'environnement. La gestion rationnelle des ressources en eau représente pourtant aujourd'hui un défi majeur pour les gouvernements du monde entier. Les problèmes sont nombreux et complexes : des milliards d'individus n'ont toujours pas d'accès à l'eau potable ni à un assainissement adéquat ; la concurrence s'accroît entre les différents usagers et usages de l'eau ; des investissements importants sont nécessaires au maintien et à l'amélioration des infrastructures de l'eau, aussi bien dans les pays membres de l'OCDE que dans les non-membres.

Cette série d'ouvrages de l'OCDE propose des analyses et des orientations sur les aspects de la gestion des ressources en eau qui touchent à l'économie, à la finance et à la gouvernance. Ces aspects sont généralement au cœur du problème. Ce n'est qu'en les prenant en compte qu'une solution au problème crucial de l'eau pourra être trouvée.

Sommaire

Chapitre 1. Quel avenir pour l'eau douce ? Entre évolutions et incertitudes

Chapitre 2. L'adaptation des hydrosystèmes au changement climatique : une approche fondée sur les risques

Chapitre 3. Adaptation des hydrosystèmes au changement climatique dans les pays de l'OCDE

Chapitre 4. Améliorer la flexibilité : gouvernance adaptative, lignes d'action envisageables et méthodes de financement

Chapitre 5. Conclusion : une analyse rétrospective pour éclairer l'avenir

Veuillez consulter cet ouvrage en ligne : ***http://dx.doi.org/10.1787/9789264200647-fr.***

Cet ouvrage est publié sur OECD iLibrary, la bibliothèque en ligne de l'OCDE, qui regroupe tous les livres, périodiques et bases de données statistiques de l'Organisation.
Rendez-vous sur le site ***www.oecd-ilibrary.org*** pour plus d'informations.

éditionsOCDE
www.oecd.org/editions

Avec le concours financier de l'Union européenne

ISBN 978-92-64-04794-5
97 2013 09 2 P

9 789264 047945