

L'accès à l'eau

Enjeu majeur du
développement durable

Laurent **Baechler**



L'accès à l'eau

L'humanité entre dans une nouvelle phase de son évolution, dans laquelle elle est amenée à reconsidérer les aspects économiques, environnementaux et sociaux du développement. Le développement durable doit reposer, à quelque échelon que ce soit (États, entreprises, citoyens, ...), sur des réponses adaptées à tous les défis posés par l'articulation de ces trois dimensions.

Les titres de la collection **Planète enjeu** viennent alimenter le débat économique, social et politique autour de ces préoccupations liées au développement durable.

Cette collection a l'ambition de publier des ouvrages de réflexion, apportant un regard novateur. Son champ est largement ouvert à toutes les disciplines des sciences humaines.

Laurent **Baechler**

L'accès à l'eau. Enjeu majeur du développement durable

Edward B. **Barbier**

Un new deal écologique mondial. Repenser la reprise économique

Michael **Carolan**

Cheaponomics. Le coût élevé des produits bon marché

John **Houghton**

Le réchauffement climatique. Un état des lieux complet

Tim **Jackson**

Prospérité sans croissance. La transition vers une économie durable

David J.C. **MacKay**

L'énergie durable. Pas que du vent !

Peter **Newell** – Matthew **Paterson**

Climat et capitalisme. Réchauffement climatique et transformation de l'économie mondiale

Elinor **Ostrom**

Gouvernance des biens communs. Pour une nouvelle approche des ressources naturelles

Charles S. **Pearson**

Économie et défis du réchauffement climatique

Ernst **von Weizsäcker** – Karlson 'Charlie' **Hargroves** – Michael H. **Smith** –

Cheryl **Desha** – Peter **Stasinopoulos**

Facteur 5. Comment transformer l'économie en rendant les ressources 5 fois plus productives

L'accès à l'eau

Enjeu majeur du
développement durable

Laurent Baechler

Pour toute information sur notre fonds et les nouveautés dans votre domaine de spécialisation, consultez notre site web : www.deboecksuperieur.com

Crédits photos de couverture :

© qq47182080 - Fotolia.com
© martinbisof - Fotolia.com
© ChiccoDodiFC - Fotolia.com
© dusit-sri - Fotolia.com
© kat7213 - Fotolia.com
© crazymedia - Fotolia.com
© Zhu difeng - Fotolia.com
© nikkytok - Fotolia.com

© De Boeck Supérieur s.a., 2017
Rue du Bosquet, 7 – B-1348 Louvain-la-Neuve

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

Imprimé aux Pays-Bas

Dépôt légal:

Bibliothèque nationale, Paris : janvier 2017

Bibliothèque Royale de Belgique, Bruxelles : 2017/13647/012

ISSN 2032-7048

ISBN 978-2-8073-0228-0

À Nazan, Solène et Kenan

Introduction

Il existe un contraste frappant entre la quantité énorme de publications disponibles sur la question de l'eau, et le peu d'intérêt que cette question semble susciter auprès du grand public ou de ses dirigeants, si l'on en juge par la couverture médiatique très discrète dont elle fait l'objet, ou le peu d'empressement dont font preuve les décideurs de tout bord pour se saisir de ce problème. Le premier constat s'explique beaucoup plus facilement que le second, qui trouvera des éléments d'explication tout au long de l'ouvrage. Parmi les très nombreuses problématiques du développement durable auxquelles il convient de s'intéresser, celles en rapport avec le domaine de l'eau sont probablement parmi les plus complexes, comme nous aurons l'occasion de le découvrir dans les pages qui suivent. De sorte que se pencher sur ces problématiques oblige à circonscrire les objets étudiés de manière très restrictive, presque chirurgicale, pour apporter des éléments de connaissance significatifs. Ce phénomène de spécialisation des connaissances est bien sûr commun à toutes les disciplines et à tous leurs sujets d'étude, mais il est particulièrement marqué dans le domaine de l'eau, ainsi que peut le découvrir le lecteur qui s'y aventure.

Le problème de l'eau se pose effectivement différemment d'un endroit à un autre, d'une activité à une autre, d'une époque à une autre, et donne lieu à des regards différents selon qu'il est abordé par un hydrologue, un juriste, un économiste, un politologue... Il en résulte une littérature gigantesque, qu'il est d'ailleurs parfaitement illusoire de vouloir couvrir entièrement, qui constitue le corpus de connaissances dont nous disposons, et qui ne cesse de croître d'année en année. Si l'on veut contribuer à ce corpus, le choix se porte généralement sur deux possibilités : se spécialiser et tenter d'ajouter un apport aux connaissances existantes ; adopter un point de vue plus général, qui permet de saisir les problèmes dans leur globalité. Les ouvrages qui s'orientent vers cette deuxième option le font généralement en adoptant un angle de perception particulier, qui les amène à étudier par exemple le problème de l'eau dans les pays en

développement, les conflits internationaux autour de l'eau, les questions de financement du secteur de l'eau, les problèmes de pollution, la question des barrages... ou n'importe lequel des milliers d'autres problèmes qui composent ce champ d'analyse.

L'ouvrage présent repose sur la conviction qu'il est possible d'aller plus loin dans le degré de généralité par lequel on peut aborder ces questions, sans pour autant perdre en pertinence d'analyse. Il faut pour cela se donner les moyens de saisir les enjeux essentiels qui ressortent de chaque segment du problème global, sans laisser de côté une dimension de ce problème qui permette d'en comprendre les principales composantes. C'est à cette condition qu'il est possible d'avoir finalement une vue panoramique du problème de l'eau. L'exercice est périlleux, et repose sur une double exigence : couvrir le champ de connaissances le plus large possible, sans passer à côté d'informations décisives pour la pertinence de l'analyse. Il est donc question de parcourir une vaste littérature, dans des disciplines aussi diverses que l'hydrologie, l'économie, le droit, la science politique... tout en retenant dans chacune de ces disciplines les apports qui font autorité auprès des personnes compétentes.

C'est au lecteur de juger si l'exercice est réussi. Il trouvera à cet effet un ouvrage dont le fil conducteur est l'accès à l'eau, les problèmes qu'il pose, les solutions qu'il suscite. Le tout est composé de six chapitres, les trois premiers abordant les problèmes, les trois derniers les solutions.

Le premier chapitre aborde la question de l'accès à l'eau sous l'angle de ses conditions physiques, ou naturelles. L'hydrologie est le principal guide en la matière, mais le cycle de l'eau n'étant pas strictement séparable des activités humaines qu'il entretient, il convient également de voir dans quelle mesure ces activités ont un impact sur la disponibilité naturelle de l'eau.

Le second chapitre décrit les conditions dans lesquelles les pressions de toutes sortes exercées sur les ressources en eau par les activités humaines ont mené à la situation actuelle dans différentes parties du monde.

Le troisième chapitre permet de comprendre en quoi l'accès à l'eau est un enjeu majeur du développement économique, humain, et durable de manière générale. Il permet également de comprendre que cet enjeu se présente de manière très différente selon les pays auxquels on s'intéresse, et que l'on peut regrouper en quatre catégories.

Le quatrième chapitre explore les solutions techniques et les instruments économiques qui se présentent pour résoudre les problèmes d'accès à l'eau, quels qu'ils soient.

Le cinquième chapitre aborde la question du statut de l'eau, des droits de propriété, et finalement des possibilités de coopération qui existent pour faire face aux risques de tensions et conflits qui caractérisent le secteur de l'eau, que ce soit au plan national ou international.

Le sixième chapitre expose les conditions dans lesquelles la gouvernance du secteur de l'eau se met en place et pourrait être améliorée dans le monde.

Les caractéristiques physiques de l'accès à l'eau

Une grande partie des activités humaines reposent in fine sur l'exploitation de ressources naturelles transformées par du travail humain grâce à des technologies plus ou moins sophistiquées. Il est bien sûr également question de capital physique, mais les bâtiments, machines, infrastructures... peuvent également être considérés comme le fruit de cette combinaison. Parmi les ressources naturelles qui contribuent au développement de ces activités, l'eau présente plusieurs caractéristiques qui la distinguent de toutes les autres : elle est indispensable à la vie et n'a pas de substitut ; elle est disponible en quantités strictement fixes, dictées par les lois de la nature ; elle est omniprésente, mais d'accès difficile.

Une ressource comme aucune autre

L'eau est indispensable à la vie, et de fait la vie est apparue dans l'eau il y a environ 3 milliards d'années sous la forme d'organismes unicellulaires. L'eau représente l'essentiel de la composition des êtres vivants. À ce point qu'elle représente 75 % de la composition du corps chez un nourrisson, 65 % chez un adulte et 55 % chez une personne âgée. Comme un symbole, elle se fait plus rare à mesure qu'un être se rapproche de la mort... L'eau compose 79 % du cœur et 77 % du cerveau humain, les deux organes les plus vitaux. Une perte de teneur en eau du corps de 1 % donne soif ; une perte de 10 % conduit à des hallucinations ; une perte de 15 % entraîne la mort, tout comme sans apport d'eau douce d'aucune sorte, l'homme ne peut vivre plus de deux ou trois jours, alors que s'il boit sans manger, il peut survivre

une quarantaine de jours, à condition de ne fournir aucun effort. On comprend l'importance qu'a l'eau pour le corps humain en prenant conscience des rôles qu'elle y joue : elle transporte les nutriments aux cellules ; elle intervient dans la régulation thermique et participe aux nombreuses réactions chimiques du corps ; elle fabrique les ions nécessaires au système nerveux, et transmet au cerveau les influx nerveux et hormones qui lui permettent de fonctionner ; elle nettoie l'organisme en participant à l'évacuation des déchets du métabolisme ; non seulement elle structure la matière vivante qui compose notre corps, mais elle occupe l'espace intercellulaire, servant de réserve aux cellules et aux vaisseaux sanguins, circulant en permanence dans tout l'organisme. L'eau assure les mêmes fonctions pour les autres animaux, dont certains sont composés à plus de 80 % d'eau, comme certains animaux marins.

Les végétaux quant à eux puisent dans le sol l'eau qui leur permet de constituer leur sève brute. Cette sève monte dans la tige et se répartit dans les feuilles où, grâce à la chlorophylle et à l'énergie du soleil, la photosynthèse enrichit la plante en substances organiques et génère la sève élaborée qui va assurer le développement normal de la plante, et permettre la constitution de réserves en vue d'une prochaine reproduction (tubercules, graines, fruits).

Non seulement l'eau est indispensable à la vie sur Terre, mais elle est également unique, au sens où elle n'a pas de substitut. Cette caractéristique en fait une ressource naturelle tout à fait à part, puisqu'il est toujours possible de trouver un substitut à toutes les autres ressources naturelles sur lesquelles reposent les activités humaines, quelles qu'elles soient. La seule autre ressource comparable à l'eau de ce point de vue est l'atmosphère, qui est à la fois indispensable à la vie et sans substitut. Mais l'atmosphère n'est pas une ressource rare au sens propre du terme : elle est disponible en quantités illimitées (tout au moins pour l'usage qu'en font les êtres vivants pour se maintenir en vie – pour les autres usages, on peut considérer l'atmosphère comme une ressource rare à partir du moment où elle est polluée), ce qui n'est malheureusement pas le cas de l'eau. La biogéochimie nous apprend en effet que les cycles de l'azote, de l'oxygène et du carbone (qui assurent une composition stable de l'atmosphère : 78 % d'azote, 21 % d'oxygène et 1 % d'autres gaz) comptent pour peu de choses dans la quantité d'oxygène disponible dans l'air que nous respirons : le stock d'oxygène accumulé au cours des temps géologiques est devenu indépendant des processus de la biosphère. Autrement dit, les activités humaines ne peuvent détruire l'oxygène de l'air indispensable à la vie sur Terre. Si l'on brûlait simultanément l'ensemble des réserves connues de carbone fossile, la teneur en oxygène de l'air ne diminuerait que de 3 %, laissant largement de quoi subsister à l'ensemble des êtres vivants (Duplessy et Morel, 1990). L'eau n'a pas ces caractéristiques, comme nous le verrons tout au long de cet ouvrage, et correspond donc bien à la définition traditionnelle d'un bien économique : disponible en quantités limitées et utile.

Nous verrons également que ces caractéristiques uniques de l'eau, à la fois indispensable à la vie et sans substitut, en font une ressource convoitée

plus qu’aucune autre : sa rareté maintient des populations entières dans des « trappes à pauvreté » ; elle entretient des tensions politiques dont on craint qu’elles aillent éventuellement jusqu’au conflit armé ; elle débouche sur la tentation de faire de l’accès à l’eau un droit humain.

Une abondance trompeuse

L’eau est omniprésente sur la Terre, qui, d’après les connaissances actuelles, est la planète du système solaire qui combine les conditions les plus favorables à l’existence d’eau sous forme liquide, préalables à la vie. Elle en recouvre 70 % de la surface (si la Terre n’avait pas de relief, l’eau la recouvrirait sur une épaisseur de 3 kilomètres), mais la quantité utile pour les activités humaines est une partie infime de ce total (tableau 1).

Sur les quelques 1,4 milliard de km³ d’eau qu’abrite la planète, 96,5 % est constitué des eaux salées océaniques inutilisables pour les activités humaines (sans transformation, nous y reviendrons plus loin). Les 3,5 % restant sont de l’eau potentiellement utile, mais la moitié est « piégée » dans les glaciers et calottes glacières (1,75 %), et donc inutilisable également. Le reste se partage entre eaux souterraines (1,70 %) et eaux de surface (0,05 %), mais plus de la moitié de l’eau souterraine est elle-même saline, autrement dit pas toujours propre aux usages humains. La quantité d’eau douce utilisable pour tous les usages humains (à distinguer de l’eau potable) représente donc près de 0,8 % du total de l’eau présente sur la planète. L’essentiel se trouve sous forme souterraine (0,75 %), les eaux de surface (les 0,05 % restant) se répartissant entre cours d’eau (2 % des eaux de surface), marais (11 %) et lacs (87 %).

Tableau 1.1 – Répartition des ressources en eau sur la planète

Source d’eau	Volume d’eau (km³)	% d’eau douce	% d’eau totale
Océans, mers et baies	1 338 000 000	–	96,5 %
Calottes glacières, glaciers et neiges éternelles	24 064 000	68,7 %	1,74 %
Eau souterraine :	23 400 000	–	1,7 %
– douce	10 530 000	30,1 %	0,76 %
– saline	12 870 000	–	0,94 %
Humidité du sol	16,5	0,05 %	0,001 %
Hydrolaccolithe et pergélisol	300	0,86 %	0,022 %
Lacs :	176,4	–	0,013 %
– d’eau douce	91	0,26 %	0,007 %
– d’eau saline	85,4	–	0,006 %
Atmosphère	12,9	0,04 %	0,001 %
Eau marécageuse	11,47	0,03 %	0,0008 %

Source d'eau	Volume d'eau (km ³)	% d'eau douce	% d'eau totale
Rivières	2,12	0,006 %	0,0002 %
Eau biologique	1,12	0,003 %	0,0001 %
Total	1 386 000 000	–	100 %

Source : P. H. Gleick : « Water Resources », in *Encyclopedia of Climate and Weather*, S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp. 817-823, 1996.

Toute cette quantité d'eau douce potentiellement utilisable n'est pas accessible. Si l'on additionne les quantités d'eau douce accessible sous toutes ses formes (souterraine et de surface), on trouve une estimation haute de 15 000 km³ d'eau douce disponibles chaque année pour les usages humains, ce qui représente près de 5 500 litres par personne et par jour au plan mondial pour la population actuelle. Il faut comparer ce chiffre au prélèvement quotidien moyen qui, d'après les calculs reposant sur les dernières données disponibles de la FAO¹, représente près de 1 330 litres. Ces chiffres peuvent donner l'impression que l'eau est surabondante sur la planète, ce qui est effectivement le cas en moyenne. Mais nous verrons que cette moyenne masque d'énormes disparités locales. Ainsi les prélèvements nationaux actuels les plus élevés dépassent largement à la fois la moyenne mondiale des prélèvements, mais également celle des disponibilités, les niveaux les plus élevés se situant en Asie centrale, où les prélèvements quotidiens par personne atteignent jusqu'à près de 16 000 litres au Turkménistan (le record mondial, de loin). Le Chili (près de 5 800 litres) et les États-Unis (4 400 litres) font également partie des plus gros utilisateurs d'eau.

Mais si l'on s'en tient à l'échelle globale du cycle de l'eau, celle-ci semble être l'une des rares ressources naturelles pour lesquelles les limites écologiques de la planète n'ont pas été atteintes, ou ne sont pas en voie de l'être bientôt. Le *Stockholm Resilience Centre* de l'université de Stockholm publie régulièrement un état des lieux de ces limites, et identifie à ce titre 9 catégories de « frontières planétaires écologiques » majeures, celles qui ont le plus d'impact en termes de développement durable. Le changement climatique et la perte de biodiversité sont les situations les plus préoccupantes à ce titre, alors que les prélèvements d'eau douce restent encore dans des limites globales éloignées de la frontière en question, puisqu'ils étaient de 4 000 km³ (lors du premier rapport publié en 2009, voir Rockström *et al.*, 2009), ce qui correspond à un niveau de consommation d'eau de 2 600 km³ par an (la différence entre prélèvement et consommation est expliquée plus loin), pour une limite basse fixée à 4 000 km³, et un intervalle de soutenabilité de 4 000-6 000 km³.

1 L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture entretient une base de données sur l'eau extrêmement détaillée, Aquastat. Les données qui y figurent ne sont malheureusement pas toujours récentes. Pour ce qui est des prélèvements, les chiffres les plus récents concernent certains pays européens, mais les données américaines remontent à 2005 par exemple. Le calcul proposé ici est donc fondé sur des données éparées à des périodes très différentes, mais on peut le considérer comme représentatif, du fait que ce genre de données ne varie pas dans des proportions importantes à court terme.

Cependant, cette apparence est trompeuse pour trois raisons majeures. Premièrement, les statistiques disponibles sur les utilisations d'eau ne tiennent généralement pas compte des usages *in situ* de l'eau, autrement dit des utilisations qui ne reposent pas sur un prélèvement effectué à un endroit ou un autre du cycle de l'eau, comme c'est le cas des usages *ex situ* qui supposent d'amener la ressource d'un point de prélèvement vers un point d'utilisation. Il peut s'agir d'activités de transport par navigation, d'activités touristiques ou sportives, ou de production d'énergie (mécanique ou électrique) par exploitation de l'énergie fournie par un flux d'eau. Toutes ces activités ne supposent pas de prélèvement d'eau, mais peuvent pourtant venir en concurrence des prélèvements nécessaires à d'autres activités humaines, quand par exemple l'eau nécessaire à la navigation peut être dérivée pour l'irrigation, ou lorsque l'eau utilisée pour la production d'énergie est prélevée en amont d'un cours d'eau pour d'autres usages. Une comptabilité rigoureuse des disponibilités devrait tenir compte de ces usages concurrents, ce qui réduirait l'écart global entre eau disponible et eau utilisée actuellement enregistré par les statistiques officielles.

Deuxièmement, les hydrologues aiment à rappeler que les usages humains de l'eau sont toujours en concurrence d'une manière ou d'une autre non seulement entre eux, mais également avec les exigences de l'entretien des écosystèmes. Certains iraient jusqu'à dire qu'il n'existe pas de quantités d'eau inexploitées dans la nature, puisqu'elles servent toujours à la reproduction d'espèces animales ou végétales ou à l'entretien des milieux naturels (renouvellement des nappes souterraines, évacuation des sédiments, élimination de polluants, reproduction des espèces halieutiques...). Cette question nous entraînerait loin dans le débat sur le développement durable et les limites à l'expansion des activités humaines. S'il est incontestable que l'eau présente des caractéristiques uniques par rapport à d'autres matières premières, tant elle intervient de manière indispensable dans le maintien des équilibres de l'ensemble des écosystèmes, il n'en reste pas moins vrai que l'augmentation des besoins humains en eau est une réalité incontournable, qu'il s'agit d'aborder de la manière la plus raisonnable et rationnelle possible, comme nous tenterons de le faire dans cet ouvrage. Pour le dire simplement, il n'est pas concevable de faire face à une augmentation de la population mondiale et à une augmentation des niveaux de vie partout dans le monde sans considérer la nécessité d'augmenter les prélèvements d'eau. De ce point de vue, il n'est pas absurde de penser qu'il existe encore des marges d'exploitation d'eau inutilisées à l'échelle globale, à condition de tenir compte d'exigences croissantes du développement durable (une question abordée au chapitre 3).

Troisièmement, l'écart constaté globalement entre disponibilité et prélèvements d'eau (les prélèvements d'eau totaux de l'humanité représentant actuellement environ un dixième des écoulements continentaux) ne donne aucune idée de l'état de l'accès à la ressource en eau en différents endroits de la planète. Le cycle planétaire de l'eau est composé d'une multitude de circuits locaux qui débouchent sur des inégalités extrêmes en matière de ressources renouvelables. Nous verrons plus loin en quoi ces inégalités donnent lieu à des situations de stress hydrique extrêmes.

En résumé, l'abondance apparente d'eau à l'échelle globale masque d'énormes difficultés locales d'accès aux ressources en eau, tandis que la réalité des pénuries d'eau ici ou là n'affecte pas l'état global des ressources en eau, ni le fait que leur exploitation semble encore loin de leur frontière écologique théorique. Il ne s'agit pas d'un paradoxe, mais simplement du reflet de ce que l'accès à l'eau est un problème local et non pas global. Ceci s'explique par le fait que les ressources en eau sont extraordinairement mal réparties sur la planète, ou si l'on adopte une perspective différente, que la population et les niveaux de vie sont répartis mondialement d'une façon non concordante avec la disponibilité locale d'eau.

Une ressource disponible en quantités fixes

L'eau est disponible en quantités parfaitement fixes à l'échelle planétaire, mais sous des formes différentes, et évolutives. Elle est présente dans toutes les composantes de l'espace terrestre : lithosphère, hydrosphère, atmosphère, biosphère. Mais c'est bien sûr l'hydrosphère qui constitue le réceptacle principal de l'eau, elle-même étant composée de différents réservoirs tels que les océans, les calottes glacières, les lacs et rivières, nappes souterraines... L'eau circule entre ces différentes composantes de l'espace terrestre, formant un cycle. Elle circule ainsi entre les différents réservoirs de l'hydrosphère, s'écoule dans le sol et le sous-sol, s'évapore dans l'atmosphère, est assimilée par les êtres vivants qui forment la biosphère... Le cycle de l'eau est un phénomène biogéochimique qui assure le renouvellement de la ressource selon un processus sans cesse renouvelé, pour une quantité globale parfaitement fixe. Ce cycle constitue un tout, un système complexe animé par deux moteurs, l'énergie solaire et la pesanteur, et composé de réservoirs de nature et volumes différents se remplissant et se vidant à des rythmes différents. Le schéma global du cycle de l'eau est bien connu. L'eau de l'hydrosphère, sous l'action du soleil, gagne son état gazeux par évaporation et s'élève dans l'atmosphère. Par condensation, l'eau retrouve sa forme liquide et regagne la lithosphère lors des précipitations. La circulation de l'eau dans la lithosphère emprunte trois voies : le ruissellement, le long des reliefs du sol ; l'infiltration, à travers les fissures naturelles des sols et des roches ; la percolation, en migrant lentement à travers les sols. L'eau alimente les nappes phréatiques à travers l'infiltration et la percolation dans le sol, et regagne l'hydrosphère par ruissellement. L'équation fondamentale du cycle de l'eau peut se résumer de la manière suivante :

Somme des précipitations reçues (sur une période donnée) = somme des écoulements fluviaux + eau retournée à l'atmosphère + somme des réserves d'eau retenues dans les différents réservoirs

Cette égalité est toujours observée sur une période de temps donnée. Les différents réservoirs qui jalonnent le cycle global retiennent l'eau pour un temps d'autant plus long que leur cycle propre est plus lent. Et leur cycle est d'autant

plus lent qu'il présente un rapport flux/stock d'eau faible, autrement dit que le temps de recharge du stock que constitue le réservoir en question par le flux d'eau qui l'alimente est long. Ainsi le lac Léman bénéficie d'un flux de 8 milliards de m³ d'eau par an, pour un stock de 90 milliards de m³, ce qui signifie que sa durée de renouvellement (ou le temps de séjour moyen de l'eau dans le lac, ce qui revient au même) est d'environ 11 années. Le tableau 2 indique ainsi les durées de renouvellement des principaux réservoirs d'eau.

Tableau 1.2 – Durée de renouvellement des principaux réservoirs d'eau douce (en moyenne)

Glaciers et calottes glaciaires	1 600 à 9 700 ans
Ensemble des eaux souterraines	1 000 ans
Océans	2 500 ans
Lacs d'eau douce	17 ans
Humidité des sols	1 an
Rivières	16 jours
Atmosphère	8 jours

Source : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/cycle/stocksfluxEau.html>

Les précipitations peuvent donc être considérées comme un point de départ du cycle de l'eau. Celui-ci assure un niveau de précipitations terrestres d'environ 113 000 km³ par an, dont il faut soustraire 72 000 km³ d'évaporation pour obtenir le flux net disponible, ce qui signifie au passage qu'il précipite davantage qu'il ne s'évapore au-dessus des continents, alors que le phénomène inverse se produit au-dessus des surfaces océaniques, la différence représentant le volume d'eau apporté aux océans par les cours d'eau (les transferts d'eau entre continents et océans), soit la réserve d'eau dans laquelle il est possible d'effectuer des prélèvements pour satisfaire les usages humains. Sur la différence, qui représente donc près de 40 000 km³, 32 900 sont considérés comme géographiquement accessibles, mais il faut également tenir compte du moment auquel ont lieu ces précipitations. La plupart sont concentrées sur des périodes de temps réduites et donnent lieu à des inondations ; restent 9 000 km³ effectivement accessibles ; si l'on ajoute les eaux de précipitation retenues en barrages (6 000 km³), on retrouve finalement l'estimation précédemment évoquée de 15 000 km³ d'eau douce disponibles chaque année pour les usages humains.

Le cycle de l'eau renouvelle donc sans cesse les ressources en eau ainsi que les différents réservoirs qui les composent. Ce qui signifie que les activités humaines peuvent puiser dans une réserve perpétuellement renouvelée. On estime ainsi que l'humanité a utilisé au cours du xx^e siècle 4 à 5 fois la quantité d'eau que le cycle de l'eau fait circuler annuellement sur les terres émergées, les quelque 40 000 km³ évoqués précédemment, soit près de 200 000 milliards de m³. Ces estimations pourraient laisser penser qu'étant donné ce renouvellement

permanent, l'humanité bénéficie d'un accès illimité aux ressources en eau. Ce serait confondre renouvelable et illimité². Les ressources en eau sont effectivement indéfiniment renouvelables, mais elles sont fixes sur une période donnée (un an par exemple si l'on retient les besoins planétaires en eau sur cette période), alors que les besoins humains sont en augmentation rapide, comme nous le verrons plus loin. Il s'agit donc de période en période de satisfaire des besoins croissants avec des ressources fixes. Il va sans dire que cette tendance accroît la pression sur les ressources en eau, un problème qui fera l'objet de développements détaillés dans les chapitres ultérieurs. Nous voulons nous intéresser ici à la disponibilité naturelle des ressources en eau, et à la manière dont les usages humains y ont accès. Le fait que cette disponibilité soit fixe, puisque dictée par le cycle de l'eau, ne signifie pas que les activités humaines disposent toujours des mêmes quantités d'eau. Pour le comprendre, il faut introduire une distinction fondamentale entre disponibilité et accès à l'eau.

Une différence fondamentale entre disponibilité et accès à l'eau

L'eau est disponible en quantités fixes dictées par le cycle de l'eau, mais l'accès à l'eau dépend de paramètres complexes et évolutifs, que l'on peut regrouper en trois catégories.

Il y a tout d'abord les états dans lesquels l'eau disponible se présente aux usages humains, autrement dit les différents réservoirs naturels d'eau mentionnés précédemment : calottes glacières, eau souterraine, atmosphère, etc. Ces états peuvent faire l'objet de modifications et rendre l'accès à l'eau plus ou moins difficile. Les activités humaines ont-elles un impact en la matière ? On peut le penser, en particulier si l'on considère le changement climatique comme un phénomène provoqué par ces activités, une idée qui fait désormais presque consensus, les dissensions portant pour l'essentiel sur le rythme et l'ampleur du phénomène. Il devrait effectivement avoir des répercussions majeures, et négatives, sur le cycle de l'eau, réduisant les quantités d'eau effectivement accessibles. Le sujet mérite un traitement à part, et sera développé dans un prochain paragraphe. De manière parfaitement indépendante du phénomène de changement climatique, il est également envisageable que de « nouveaux » gisements d'eau soient révélés, du fait notamment des évolutions scientifiques et technologiques. À ce titre, on peut mentionner la découverte de ressources souterraines jusqu'ici inconnues, comme en Namibie

2 Une erreur courante, surtout dans le domaine de l'énergie, où le problème se pose dans des termes comparables. Ainsi l'accès aux énergies renouvelables pourrait laisser penser qu'elles permettront un accès illimité à l'énergie. Là encore pourtant, la différence entre renouvelable et illimité oblige à considérer que sur une période donnée d'expression des besoins énergétiques, il existe un potentiel limité d'accès aux énergies renouvelables de toutes sortes. Ce potentiel est bien plus délicat à estimer que pour l'eau. Un physicien anglais s'est lancé dans l'exercice (McKay, 2012), pour arriver à des résultats fascinants et cruciaux pour toute réflexion sur le développement durable.

en 2012³, ou l'existence de gigantesques réserves d'eau douce potentielles récemment découvertes au fond des océans.

Il faut ensuite retenir l'impact des activités humaines sur les quantités d'eau restituées au cycle de l'eau sous une forme accessible. Pour ce faire, il nous faut introduire la distinction entre prélèvements et consommation d'eau. La littérature n'est pas toujours cohérente en matière de terminologie employée pour caractériser les usages de l'eau, mais pour l'essentiel il s'agit de distinguer deux types d'usages : ceux qui donnent lieu à restitution des ressources en eau au cycle sous une forme réutilisable, et que l'on appelle prélèvements le plus souvent ; ceux qui ne donnent pas lieu à restitution des ressources en eau au cycle sous une forme réutilisable, appelés généralement consommation⁴. Environ la moitié des 4 000 km³ d'eau prélevés annuellement est consommée par évaporation et évapotranspiration des plantes. À l'opposé, l'eau prélevée mais non consommée retourne aux cours d'eau en s'écoulant en surface, ou s'infiltre dans le sol pour être stockée dans les nappes souterraines.

Les concepts d'« eau bleue » et « eau verte » ont été proposés en 1993 (Falkenmark, 1995), précisément pour avoir une perspective plus réaliste de la différence entre prélèvements et consommations, afin d'améliorer les capacités de gestion des ressources en eau. L'eau bleue correspond à la première catégorie d'usages, et constitue 40 % de la masse totale des précipitations. Elle se trouve dans les cours d'eau, les lacs, les nappes phréatiques, et est donc remise à disposition des usages humains, contrairement à l'eau verte, qui correspond à la seconde catégorie d'usages. Celle-ci est stockée dans le sol et la biomasse, évapotranspirée par les plantes, ou s'évapore des différents réservoirs d'eau ; elle représente les 60 % restant des précipitations. Les impacts des activités humaines sur la répartition des ressources entre eau bleue et verte dépendent essentiellement de deux éléments : le développement des activités agricoles, qui modifient le couvert végétal et mobilisent des techniques plus ou moins gourmandes en eau, conditionnant ainsi l'orientation des ressources en eau vers la biomasse (eau verte) ou les zones d'écoulement (eau bleue) ; la création de réservoirs d'eau, qui augmentent les surfaces d'évaporation potentielle. Le développement de l'agriculture irriguée, la plantation de forêts et la construction de barrages font ainsi partie des activités humaines qui contribuent le plus aux transferts de flux d'eau bleue vers de l'eau verte.

À ce titre, l'évolution de long terme du cycle de l'eau fait apparaître un tournant récent, vers 1950 (L'vovich et White, 1990). Avant cette date, le développement des surfaces agricoles pour nourrir une population mondiale en forte augmentation entraîna une réduction importante des flux d'eau verte au bénéfice de l'eau bleue, la végétation des surfaces cultivées consommant 3 700 km³

3 Cette nappe aquifère aurait le potentiel d'alimenter 40 % de la population namibienne pendant 4 siècles au taux de consommation actuel.

4 Il est également question ici de réutilisation sur une période donnée d'expression des besoins d'eau. D'une manière ou d'une autre, prélèvements et consommations donnent toujours lieu à restitutions de quantités d'eau sous une forme réutilisable, ce qui garantit la fixité de la disponibilité d'eau.

d'eau par an de moins que la végétation naturelle (la déforestation réduit donc les flux d'eau verte au bénéfice des flux d'eau bleue, et ce de manière systématique). Après cette date, l'évolution des techniques agricoles entraîna le phénomène inverse, principalement du fait de l'expansion des surfaces irriguées pendant la révolution verte après la Seconde Guerre mondiale. La multiplication des zones de retenue d'eau en barrages contribua également à ce phénomène de réduction des quantités d'eau bleue disponibles pour les usages humains par augmentation des quantités évaporées depuis ces zones, qui sont actuellement estimées à 210 milliards de m³ par an.

Enfin, il faut considérer que pour un état donné des réservoirs du cycle de l'eau et pour un niveau donné du rapport consommation/prélèvements, l'accès à l'eau dépend des techniques déployées pour rendre cet accès plus facile ou moins compliqué. Elles se rangent globalement en deux catégories : celles qui permettent de mettre l'eau à disposition des besoins humains *quand* elle est nécessaire (les barrages essentiellement, qui retiennent l'eau qui pourra être utilisée pour l'irrigation ou la production d'électricité), et celles qui permettent de mettre l'eau à disposition des besoins *où* elle est nécessaire (comme les réseaux d'adduction, qui transportent l'eau d'un point de prélèvement à l'endroit où elle doit être utilisée). En allant dans le détail, on peut ajouter les techniques qui permettent d'éviter les gaspillages pendant l'acheminement ou le transport, celles qui autorisent une optimisation de la productivité des ressources en eau dans les activités agricoles ou industrielles... Ces techniques sont innombrables, et font l'objet d'améliorations constantes, qui permettent à la fois de faciliter l'accès à l'eau... et d'augmenter les pressions sur les ressources en eau disponibles.

Une estimation proposée en 1996 (Postel *et al.*, 1996) indiquait que les humains prélevaient ou consommaient à l'époque 54 % des flux d'eau douce accessibles annuellement, autrement dit 54 % des 15 000 km³ évoqués précédemment. Cette même étude prévoyait qu'en 2025, le ratio serait de près de 70 %, à la suite d'une augmentation des besoins en eau plus importante que celle des flux accessibles.

Tout ceci laisse à penser que l'accès à l'eau peut être élargi en augmentant la fraction des composantes du cycle de l'eau auxquelles les humains ont accès, et en améliorant le contrôle sur ces composantes. Les techniques qui permettent de le faire feront l'objet d'un traitement détaillé au chapitre 4, lorsqu'il s'agira d'envisager les solutions aux problèmes d'accès à l'eau. Parmi toutes ces techniques, deux se distinguent par leur capacité à faire reculer de manière décisive les limites fixées par le cycle de l'eau. L'une est le recyclage des eaux usées, qui par définition permet de réintroduire dans le cycle des quantités d'eau précédemment utilisées, éventuellement de manière infiniment répétée. L'autre est le dessalement de l'eau de mer, qui permet d'augmenter les quantités d'eau douce circulant dans le cycle en exploitant les réserves quasi infinies des océans. Il va sans dire que le déploiement de ces techniques dépend de leur coût, et des ressources que l'on veut bien leur consacrer. Elles feront l'objet d'une exploration approfondie au chapitre 4.

Une remarque d'ordre général s'impose ici. Parmi les trois catégories de paramètres déterminant les conditions d'accès à l'eau qui viennent d'être évoquées, toutes n'ont pas le même statut au regard de l'analyse menée tout au long de cet ouvrage, et qui vise rappelons-le à comprendre ces conditions et à voir dans quelle mesure elles pourraient être améliorées. Les états dans lesquels l'eau se présente aux usages humains ne sont influencés qu'indirectement par les activités humaines, par le biais notamment du changement climatique comme nous l'avons précisé. Les leviers pour améliorer l'accès à l'eau ne peuvent être ici qu'indirects, et passent par exemple par la lutte contre le changement climatique, qui permettrait en fait de réduire les pertes de réservoirs d'eau. C'est moins vrai pour ce qui concerne l'impact des activités humaines sur les quantités d'eau restituées au cycle de l'eau sous une forme accessible. Les écarts entre prélèvements et consommation d'eau dépendent des réorientations de ces activités, par rapport auxquelles les moyens d'action peuvent être plus directs. Il en va ainsi par exemple de l'évolution de la répartition des activités entre secteur agricole, secteur industriel et services, qui influence largement la consommation d'eau. Enfin, les techniques déployées pour faciliter l'accès à l'eau constituent par définition un moyen d'action directe, et sont à ce titre le principal levier par lequel les conditions d'accès aux ressources en eau peuvent être améliorées. C'est pourquoi elles seront traitées spécifiquement ultérieurement.

Deux conclusions s'imposent à ce stade. Premièrement si la disponibilité d'eau est fixe, au sens indiqué par le cycle de l'eau, l'accès à l'eau ne l'est pas, au sens où il dépend de facteurs multiples qui doivent faire l'objet d'une analyse relevant des trois paramètres relevés précédemment. Deuxièmement si l'accès à l'eau est variable, il ne peut cependant pas être considéré comme illimité, puisque le cycle de l'eau détermine une disponibilité fixe, donc une limite ultime. Cela signifie en fin de compte que l'eau est une ressource renouvelable, mais épuisable.

Une ressource renouvelable, mais épuisable

Dans la classification des ressources naturelles que les économistes retiennent pour répertorier les problèmes de gestion de ces ressources, l'eau occupe une catégorie à elle seule, car c'est la seule à avoir cette double caractéristique d'être indéfiniment renouvelable tout en étant épuisable. La plupart des ressources naturelles sont simplement épuisables puisque prélevées sur un stock fini (les minerais essentiellement). Certaines sont uniquement recyclables, car elles-mêmes le produit de transformations (le papier, le verre, certains métaux...). D'autres encore sont reproductibles grâce aux activités humaines, comme les produits de l'agriculture. Certaines sont renouvelables biologiquement et épuisables économiquement, telles que les espèces animales exploitées commercialement, mais elles sont épuisables au sens où le « stock » peut être détruit jusqu'au point où l'espèce concernée disparaît complètement (ce dont sont menacés un grand nombre de mammifères terrestres ou de ressources halieutiques). L'eau

est indestructible, et il y a aujourd'hui sur la planète Terre les mêmes quantités d'eau que par le passé ou dans le futur. Mais indestructible ne veut pas dire inusable, ce pourquoi les ressources en eau peuvent être considérées comme indéfiniment renouvelables grâce au cycle de l'eau, mais épuisables pour deux raisons qui ont une logique différente.

Nous avons vu précédemment que le cycle de l'eau pouvait être considéré comme un vaste circuit dans lequel des flux alimentent des stocks. Il suffit donc que les prélèvements exercés par les activités humaines excèdent les flux naturels sur une zone géographique et sur une période donnée pour que le stock commence à être entamé et ne puisse plus être renouvelé. Les signaux les plus évidents et les plus alarmants de cet impact négatif des activités humaines sur les quantités d'eau restituées au cycle de l'eau sont la réduction du débit de certains cours d'eau, ou la diminution du volume de certains réservoirs d'eau. Le phénomène atteint des proportions dramatiques lorsque des fleuves ne s'écoulent plus jusqu'à leur embouchure maritime à certaines périodes (par exemple l'Indus au Pakistan pendant plus de 80 jours par an, ou le fleuve jaune en Chine pendant plus de 200 jours), ou lorsque des réservoirs sont en voie d'épuisement, comme on l'observe pour de nombreux aquifères, essentiellement dans les zones arides, ou dans le cas pathétique de la mer d'Aral, disparue aux trois quarts du fait de l'irrigation massive de champs de coton en Asie centrale pendant la période soviétique⁵.

Les prélèvements d'eau ne peuvent donc pas excéder un maximum donné sur une certaine période, compatible avec le renouvellement du stock localement. À titre d'illustration, on peut citer le cas de la Chine, pour laquelle il est estimé qu'elle dispose de 1 000 milliards de m³ d'eau par an renouvelables. Dans cette perspective, le gouvernement chinois a récemment défini une limite de prélèvements d'eau, fixée à 700 milliards de m³ par an.

Les ressources en eau sont épuisables pour une deuxième raison, les différentes pollutions qu'entraînent les activités humaines. Celles-ci affectent toutes les composantes du cycle de l'eau : l'eau de pluie peut être polluée par différents acides issus de la combustion d'hydrocarbures, et détériorer en tombant le couvert végétal ou les réseaux d'adduction, qui amènent alors au robinet du consommateur de l'eau chargée en différents métaux lourds ; l'eau des cours d'eau est polluée par les rejets des activités industrielles ou ceux des zones urbaines qui ne traitent pas ou pas suffisamment leurs rejets ; les eaux souterraines sont polluées par les infiltrations de composants chimiques issues des activités agricoles. Ces pollutions diverses correspondent à une détérioration de la qualité de l'eau disponible qui peut interdire tout usage ultérieur selon les besoins exprimés : la qualité de l'eau potable n'est pas celle de l'eau qui sert à refroidir les centrales

5 Un désastre écologique sans équivalent, avec la disparition de plus de 200 espèces de plantes et d'animaux, la salinisation et la pollution extrême de l'eau restante, la perte de grandes quantités de terres arables, l'augmentation importante de l'incidence de certaines maladies, l'aggravation de la mortalité infantile, qui peut atteindre 10 % dans certaines régions (Human Development Report, 2006, p. 212).

thermiques. Hors traitement spécifique, seules les capacités d'autoépuration des milieux aquatiques permettent d'éliminer les polluants, ce qui implique de consacrer un débit suffisant à leur dilution, débit qui n'est alors plus disponible pour d'autres usages concurrents. Nous avons évoqué le rapport flux/stock comme une composante décisive du phénomène d'épuisement des ressources en eau. Il en est de même ici : un rapport trop faible expose un stock à un risque élevé de pollution par des flux contaminés, du fait que le temps de renouvellement du stock est alors très élevé, laissant à la pollution le temps de devenir difficilement réversible. Le lac Baïkal en Sibérie est exposé à un risque de pollution bien plus élevé que le lac Léman, puisque son stock est estimé à 23 000 milliards de m³ et qu'il se renouvelle en 350 années au lieu de 11. Nous verrons au chapitre 2 le détail des problèmes que posent les différentes pollutions de l'eau. Il nous suffit pour le moment de retenir qu'une pollution excessive de l'eau peut effectivement conduire à un épuisement de la ressource par deux biais : le fait qu'une détérioration de la qualité de l'eau par certaines activités réduit les quantités disponibles pour d'autres usages ; le fait que la pollution des milieux aquatiques exige de consacrer une partie des débits à leur autoépuration, avec le même impact sur la réduction des quantités disponibles.

L'impact du changement climatique sur l'accès à l'eau

Nous avons vu précédemment que l'un des paramètres qui déterminent les conditions d'accès à l'eau est l'état dans lequel se présentent les différents réservoirs qui composent le cycle de l'eau. Le changement climatique jouera en toute probabilité un rôle décisif (et négatif) en la matière, dans la mesure où le cycle de l'eau est l'un des systèmes les plus sensibles au phénomène, avec des impacts multiples, répertoriés dans le cinquième et dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Jiménez Cisneros *et al.*, 2014).

D'après les modèles climatiques sur lesquels se fondent les scénarios et projections de réchauffement climatique à long terme, il existe une forte probabilité (chaque scénario étant associé à un degré de probabilité) que les régions subtropicales arides soient confrontées à une réduction de l'accès à l'eau douce, alors que le phénomène inverse devrait être observé dans les régions tempérées aux latitudes plus élevées. Autrement dit, les conditions d'accès se détérioreront là où elles sont déjà difficiles, et pourraient s'améliorer là où elles posent le moins de problèmes. À long terme cependant, ces impacts positifs devraient disparaître, comme dans le cas très caractéristique des cours d'eau alimentés par des glaciers, dont la fonte devrait créer un surplus d'accès à l'eau pendant quelques décennies, avant que le phénomène ne s'amenuise de lui-même.

Un autre impact attendu du réchauffement climatique est l'augmentation de la fréquence (mais pas nécessairement de l'ampleur) des inondations dans certaines régions, particulièrement en Asie, en Afrique tropicale et en

Amérique du Sud, sachant que les inondations rendent l'accès à l'eau plus difficile. De même, il est (moyennement) probable que le phénomène aggrave les phénomènes de sécheresse météorologique (moins de précipitations) et agricole (moins d'humidité des sols) dans les zones actuellement déjà arides, avec des impacts là encore probables sur ce que l'on appelle les sécheresses hydrologiques (moins de ressources en eau de surface et souterraine).

Il est très probable que l'augmentation de la variabilité d'accès aux différents réservoirs d'eau de surface entraîne une augmentation de l'exploitation des aquifères, accélérant leur épuisement.

Enfin parmi les techniques envisageables de séquestration du carbone atmosphérique⁶, la reforestation, si elle est mobilisée dans des proportions importantes, devrait avoir comme effet dans certaines régions de diminuer l'accès à l'eau, du fait de la réduction des flux d'eau bleue associée au développement des surfaces boisées évoquée précédemment.

Le changement climatique devrait également avoir des impacts négatifs sur la qualité de l'eau, par le biais de plusieurs phénomènes : du fait de l'augmentation des températures de l'eau qui amplifie l'eutrophisation⁷ des réservoirs ; par l'intensification des précipitations dans certaines zones, qui auront pour conséquence d'augmenter les phénomènes de sédimentation et de concentration en agents polluants ; par la réduction des capacités de dilution des polluants pendant les épisodes de sécheresse amplifiée ; du fait des dommages causés aux infrastructures de traitement de l'eau pendant les inondations ; si des techniques de captage et séquestration du carbone en sous-sol sont utilisées, du fait qu'elles impliquent des risques d'intrusion d'agents polluants dans les réservoirs d'eau souterrains ; par la montée du niveau des mers, l'un des principaux risques associés au réchauffement climatique, qui devrait amplifier les phénomènes d'intrusion d'eau salée dans les aquifères côtiers.

Une prévision résume l'ensemble de ces perspectives : pour chaque degré Celsius de réchauffement supplémentaire, on estime que 7 % de la population mondiale pourraient être exposés à une réduction d'accès à l'eau d'au moins 20 % (Jiménez Cisneros *et al.*, 2014). Mais ces indications sont à prendre avec grande précaution. Aquastat, le système mondial d'information sur l'eau de la FAO, révèle que jusqu'ici, sa seule tentative pour quantifier les effets du changement climatique sur l'accès à l'eau ne s'est pas révélée concluante. La seule certitude est donc que le réchauffement climatique réduira l'accès à l'eau pour les activités humaines, dans des proportions variables selon les régions.

6 La séquestration du carbone repose sur deux principes. L'un consiste à éviter qu'il ne se diffuse dans l'atmosphère en le « piégeant » dans le sous-sol à l'aide de différentes techniques de géo-ingénierie en constante évolution. L'autre repose sur son absorption par la biomasse terrestre.

7 Il s'agit d'une augmentation des concentrations en nutriments, principalement l'azote et le phosphore, qui favorise certaines espèces végétales au détriment de la biodiversité d'un milieu. Quand son origine est anthropique, elle s'accompagne souvent d'une acidification du milieu qui peut rendre des espèces plus vulnérables à la pollution et à certaines maladies.

Un problème de répartition

Si l'on veut avoir une vision pleinement pertinente du problème de l'accès à l'eau, il faut abandonner la perspective des bilans globaux que nous avons adoptée jusqu'ici, qui est utile pour fixer les ordres de grandeur de disponibilité de la ressource au niveau planétaire, mais qui n'a plus grand sens lorsqu'il s'agit d'étudier la question de l'accessibilité à l'eau pour les humains en termes très concrets. Parmi les caractéristiques de l'eau et problématiques qui en découlent, l'une des plus significatives est le caractère local de sa disponibilité, combiné à une inégalité extrême en termes de capacité à en faire un usage efficace. Ces éléments sont fonction de paramètres très contextuels, mélange de caractéristiques géophysiques, climatiques, démographiques, socio-économiques, institutionnelles... qui contribuent à faire de l'eau une ressource extraordinairement mal répartie et dont la gestion repose sur des paramètres essentiellement locaux. Nous verrons au chapitre 3 en quoi l'eau peut s'avérer être un moteur ou un obstacle au développement, selon les conditions dans lesquelles elle peut être exploitée. Contentons-nous pour le moment de voir en quoi la disponibilité naturelle des ressources en eau donne lieu à une grande inégalité quant à la manière dont les humains y ont accès.

Les données disponibles sur les ressources en eau⁸ sont extrêmement variées et riches en informations diverses. Les principales qui nous intéressent ici sont de quatre ordres : les précipitations, les ressources renouvelables, les ressources exploitables et les prélèvements.

La différence entre précipitations et ressources renouvelables représente les quantités évapotranspirées par le couvert végétal naturel ou agricole, soit près de 60 % des précipitations comme nous l'avons indiqué précédemment. Le climat et le relief sont à l'origine d'une extrême variabilité géographique des précipitations. Les zones tempérées et intertropicales humides reçoivent 97,5 % des précipitations annuelles, les 2,5 % restant allant aux zones arides et semi-arides, qui non seulement accueillent 20 % de la population mondiale, mais sont également parmi les régions où la démographie est encore la plus dynamique (ce point sera développé au prochain chapitre). À l'échelon continental, on observe que le continent le plus arrosé est l'Amérique (44 400 km³ par an), presque deux fois plus que l'Asie (26 850), elle-même recevant deux fois plus de précipitations que l'Europe (12 560). Au plan régional, les écarts sont encore plus sensibles, entre par exemple le Moyen-Orient (1 420 km³) et l'Asie centrale (1 270), qui reçoivent plus de 10 fois moins de précipitations que le Brésil à lui tout seul (près de 15 000). Les écarts sont bien entendu encore plus accentués à l'échelon national.

Mais les données relatives aux ressources renouvelables sont plus significatives que celles de précipitations, dans la mesure où elles représentent les

8 Voir la base de données Aquastat : <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=fr>

quantités d'eau théoriquement disponibles pour les usages humains, puisqu'elles ne retournent pas directement à l'atmosphère. On constate ainsi que pour les continents les plus arides, l'Océanie et l'Afrique, les ressources renouvelables ne constituent qu' $1/5^{\text{ème}}$ des quantités précipitées, alors que partout ailleurs le ratio est de l'ordre d' $1/2$. C'est véritablement en termes de ressources en eau disponibles que se révèlent les écarts entre zones géographiques, et ce d'autant plus que les données tiennent compte de la démographie et sont exprimées par habitant. Ainsi si l'Océanie est le continent le plus sec, elle est également le moins densément peuplé, et donc le mieux doté en ressources en eau renouvelables, avec près de 30 000 m³ par habitant chaque année (81 000 litres par jour et par personne). Les situations de disponibilité de l'eau au plan national vont ainsi de l'abondance à l'extrême rareté. Au Canada, cette disponibilité est de l'ordre de 82 000 m³ par personne et par an (225 000 litres par jour et par personne), près de 9 fois plus qu'aux États-Unis (9 500 m³, 26 000 litres par jour), où l'on trouve presque 13 fois plus d'eau qu'en Égypte (700 m³ par personne et par an, 1 900 litres par jour), l'Égypte étant elle-même bien mieux dotée que l'Arabie saoudite (82 m³, 225 litres par jour). Aux extrêmes se trouvent l'Islande, avec près de 510 000 m³ d'eau par personne et par an (1 400 000 litres par jour), et le Koweït, avec seulement 5 m³ (14 litres par jour)⁹. Ces perspectives nationales sont elles-mêmes souvent trompeuses, puisqu'on peut trouver dans un même pays des régions en pénurie d'eau et des régions où l'eau abonde. C'est particulièrement le cas dans les pays de grande taille où la variabilité climatique peut être importante. Ainsi la Chine du Sud concentre 80 % des ressources en eau et 55 % de la population du pays, alors que la Chine du Nord doit se contenter du reste de l'eau disponible pour 45 % de la population chinoise. On trouve en particulier que certaines provinces du Nord disposent de moins de 500 m³ d'eau par habitant et par an (moins de 1 400 litres par jour). La disponibilité de l'eau est un problème typiquement local, fonction de paramètres climatiques et géographiques.

C'est encore plus vrai de l'accès à l'eau, dans la mesure où il dépend comme nous l'avons vu de multiples éléments, beaucoup n'étant pas d'ordre naturel et ayant à voir avec les conditions d'exploitation de la ressource. Parmi les éléments d'ordre naturel figure la variabilité temporelle des précipitations, qui joue un rôle clé puisque des précipitations concentrées sur une période limitée donnent généralement lieu à des inondations, qui réduisent les ressources accessibles pour les usages humains. L'Inde est l'un des cas les plus représentatifs de cette situation, avec 70 à 95 % des précipitations reçues pendant les trois mois de la mousson, entre juin et septembre. Comme nous l'avons déjà indiqué, le changement climatique devrait avoir des répercussions négatives majeures sur cette variabilité, et donc sur l'accès à l'eau. Un autre élément clé expliquant la différence entre ressources disponibles et ressources accessibles est la distance entre lieu de disponibilité et d'utilisation.

9 Données Aquastat (FAO) 2014. Accessibles sur <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>.

Les quantités d'eau accessibles sont indiquées par les données de ressources exploitables, autrement dit les flux d'eau bleue auxquels les humains ont effectivement accès. À l'échelon national les situations varient à l'extrême, et vont de pays pour lesquels la quasi-totalité des ressources disponibles (renouvelables) sont accessibles (exploitables), comme la Suisse (avec un taux de ressources accessibles de près de 94 %) ou Israël (plus de 92 %), à des cas d'accessibilité infime tels que la Namibie (environ 1,63 %) ou Oman (0 % !). Il faut ajouter à ces données de ressources exploitables celles concernant la capacité des barrages, qui peut augmenter considérablement l'accessibilité à l'eau. Il en est ainsi en Turquie, dont la capacité en barrages de 157 km³ représente 140 % des quantités d'eau exploitables qui sont de 112 km³, ou davantage encore en Égypte, dont la capacité en barrages est trois fois plus importante que les quantités d'eau accessibles (avec un rapport de 168,2 km³/49,7 km³).

Après les quantités d'eau précipitées, disponibles et accessibles, viennent logiquement les quantités effectivement prélevées. Les décrire ici nous obligerait à tenir compte encore davantage des éléments liés aux conditions d'exploitation des ressources en eau, au-delà des capacités en barrages, ce qui nous éloignerait du propos de ce premier chapitre, dans la mesure où il faudrait explorer ce que nous avons identifié comme étant la troisième composante des conditions d'accès à l'eau : les techniques déployées pour faciliter cet accès. Ce sont effectivement ces techniques qui déterminent finalement les quantités d'eau utilisées par les activités humaines, mais elles doivent faire l'objet d'un traitement spécifique, car il n'est plus du tout question ici d'un problème géoclimatique ou géographique de répartition des ressources en eau. Ainsi le Népal, pays relativement bien doté en ressources renouvelables, avec 219 km³ par an, prélève moins de 5 % de ce total (9,5 km³), alors que l'Italie prélève près du quart de son potentiel qui est du même ordre (53,75 km³ prélevés sur 191 disponibles). Nous découvrirons progressivement qu'à mesure que la perspective de l'accès aux ressources en eau est davantage locale et centrée sur les moyens mis en œuvre pour faciliter cet accès, celui-ci apparaît comme un problème de développement.

Les obstacles aux transferts internationaux d'eau

N'est-ce pas la caractéristique de toutes les ressources naturelles que d'être inégalement réparties sur la planète ? 90 % des réserves prouvées de pétrole se trouvent dans 15 pays, ce qui n'empêche pas tous les pays de consommer du pétrole. C'est bien évidemment le commerce international qui permet cette correspondance entre offre et demande de pétrole dans le monde, comme de toute autre matière première. Il faut donc se demander pourquoi l'eau ne fait pas l'objet de transferts internationaux comparables à ceux d'une ressource comme le pétrole qui, par ailleurs, se trouve dans des conditions d'exploitation infiniment plus compliquées, à des profondeurs allant de 2 500 à 3 500 mètres

de profondeur (parfois davantage), alors que l'eau est souvent disponible en surface ou dans des nappes phréatiques se trouvant à des profondeurs allant de moins d'un mètre à 80 mètres sous la surface du sol¹⁰. La réponse réside dans les paramètres techniques et économiques d'exploitation de ces ressources, qui sont en fait intimement liés. L'eau est trop lourde et trop volumineuse pour pouvoir faire l'objet d'échanges internationaux à grande échelle dans des conditions rentables, d'autant que son prix est loin d'être toujours établi de manière claire et rationnelle (nous le verrons plus en détail au chapitre 4). La réalité qui s'impose est que l'extension maximum des marchés de l'eau dans des conditions réalistes de prix et de coûts de sa distribution est celle des réseaux municipaux et des infrastructures associées. Un marché mondial de l'eau n'est tout simplement pas concevable dans l'état actuel des connaissances et des techniques.

Il n'est pourtant pas tout à fait exact de dire que l'eau ne fait pas l'objet de transferts internationaux. L'eau n'est pas transportable internationalement sous sa forme brute, mais elle l'est une fois « transformée » en produits industriels ou agricoles, dont la production constitue l'une des principales utilisations de l'eau dans le monde. Concept introduit au début des années 1990 (Allan, 1993), l'eau virtuelle est ainsi entendue comme la quantité d'eau incorporée dans les processus de production et de distribution des produits consommés partout dans le monde. Environ 1/3 de l'eau utilisée dans le monde est de l'eau virtuelle (1 300 milliards de m³ sur un total de près de 4 000 milliards prélevés pour tous les usages), échangée entre pays sous forme de produits agricoles ou industriels. Les pays les plus dépendants de ces ressources sont sans surprise les îles et les régions désertiques qui ont intérêt à importer l'eau qui leur fait défaut : Malte dépend à 92 % de l'eau virtuelle, le Koweït à 90 %, la Jordanie à 86 % et Israël à 82 %. En valeur absolue, les plus gros importateurs et exportateurs d'eau virtuelle sont bien entendu les principales puissances commerciales en produits intensifs en eau comme les produits agricoles. Ainsi les États-Unis importent actuellement 234 milliards de m³ d'eau chaque année, devant le Japon (127 milliards de m³), l'Allemagne (125), la Chine (121), l'Italie (101), le Mexique (92) et la France (78). Les principaux exportateurs sont les États-Unis (314 milliards de m³ par an), la Chine (143), l'Inde (125) et le Brésil (112).

Hormis ces échanges internationaux d'eau virtuelle, l'utilisation de l'eau est donc essentiellement locale, à l'échelle de l'étendue maximum envisageable des infrastructures d'exploitation de la ressource. Les seules exceptions sont des infrastructures de transfert ou dérivation entre bassins hydrographiques¹¹, toujours à une échelle nationale, jamais internationale jusqu'ici. Le Canada vient en tête dans ce domaine, avec des transferts annuels de l'ordre de 100 milliards de m³, essentiellement à des fins hydroélectriques. La Chine et l'Inde prévoient

10 D'après une cartographie mondiale établie en 2013 par des chercheurs de l'Université Rutgers (New Jersey, USA) et de l'Université de Santiago de Compostela (Espagne).

Voir <http://envsci.rutgers.edu/~yreinfelder/Figure3-Hi-Res-World.png>

11 Un bassin hydrographique désigne une unité formée par toutes les eaux de surface et souterraines qui s'écoulent vers une embouchure commune.

également de gigantesques transferts entre bassins hydrographiques pour compenser les inégalités de répartition des ressources en eau à l'échelon national. Mais aucun des grands projets d'infrastructures de transfert d'eau à une échelle continentale (encore moins intercontinentale), comme il en existe par exemple entre le Canada et les États-Unis, n'a été jusqu'ici réalisé. Il en est de même des projets de pipeline internationaux, comme celui entre la Turquie et Israël, qui prévoit depuis longtemps la construction d'un pipeline permettant d'alimenter Israël, mais qui n'a toujours pas abouti. Une exception est le pipeline sous-marin de 107 km reliant la Turquie à la partie nord de Chypre, inauguré en octobre 2015, qui fournit une capacité annuelle de 75 millions de m³ d'eau.

On trouve par ailleurs des situations dans lesquelles l'eau est transportée internationalement par tanker, sacs flottants ou même déplacement d'icebergs, principalement pour faire face à des situations de crise aiguë dans lesquelles le coût d'opportunité du transport de l'eau est donc faible. On observe ainsi le transport d'eau par sacs entre la Turquie et Chypre ou entre la Grèce continentale et les îles en périodes de pics de demande, mais pour des quantités très faibles, de l'ordre de 30 millions de litres par an au maximum.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de comprendre que les caractéristiques physiques de l'accès à l'eau sont guidées par des paramètres hydrologiques, géoclimatiques et géographiques qui s'imposent aux activités humaines. Ces paramètres ne sont pas immuables, mais leur relative stabilité fait que les difficultés croissantes d'accès à l'eau observées un peu partout dans le monde ne peuvent pas trouver d'explication satisfaisante de ce côté de la problématique. De manière évidente, il faut explorer les conditions dans lesquelles les activités humaines utilisent les ressources en eau pour comprendre d'où viennent les pressions croissantes exercées sur ces ressources.

Table des matières

Introduction	7
1 Les caractéristiques physiques de l'accès à l'eau	11
Une ressource comme aucune autre	11
Une abondance trompeuse	13
Une ressource disponible en quantités fixes	16
Une différence fondamentale entre disponibilité et accès à l'eau	18
Une ressource renouvelable, mais épuisable	21
L'impact du changement climatique sur l'accès à l'eau	23
Un problème de répartition	25
Les obstacles aux transferts internationaux d'eau	27
Conclusion	29
2 Des pressions croissantes sur les ressources en eau	31
Les tendances de l'exploitation des ressources en eau : une vue d'ensemble	32
Une situation contrastée selon les pays	35
Un problème de qualité autant que de quantité	38
L'impact des infrastructures d'accès à l'eau	41
La surexploitation des réservoirs d'eau douce	44
Les indicateurs physiques de pression sur les ressources en eau	46
Les indicateurs d'accès à l'eau	50
Les scénarios du futur	53
Conclusion	56
3 L'accès à l'eau, un problème de développement	57
Eau et développement économique : une relation complexe	58
Sécurité hydrique et développement économique	60
Insécurité hydrique et sous-développement	64
Trappe à pauvreté ou faillite des institutions ?	67
Accès à l'eau et développement durable	70
La question du découplage croissance-ressources	72
Les politiques périphériques au secteur de l'eau	75
Quatre catégories de situations (et pays)	78
Conclusion	80

4	La gestion de l'accès à l'eau	81
	De quel type de gestion parle-t-on ?	81
	Améliorer l'accessibilité aux ressources en eau conventionnelles	84
	<i>De nouvelles infrastructures</i>	84
	<i>Une meilleure gestion des stocks</i>	86
	Mieux utiliser les précipitations	88
	Le contrôle de la qualité de l'eau	91
	Améliorer l'accessibilité aux ressources non conventionnelles	93
	Augmenter la productivité des usages de l'eau	96
	<i>Le secteur domestique</i>	97
	<i>Le secteur industriel</i>	98
	<i>Le secteur agricole</i>	99
	Les transferts d'eau vers des usages plus productifs	101
	<i>Le développement économique</i>	101
	<i>Le commerce d'eau virtuelle</i>	101
	<i>Les marchés de droits</i>	103
	Le rôle du prix de l'eau	104
	Les méthodes de tarification de l'eau	107
	Les différences de tarification entre pays	108
	Les différences de tarification entre secteurs utilisateurs	110
	Conclusion	113
5	Les conditions d'accès à l'eau, entre conflit et coopération	115
	Le potentiel conflictuel des usages concurrents de l'eau	115
	Le statut de l'eau	118
	Droit moderne de l'eau et développement durable	120
	La dimension internationale de l'accès à l'eau	123
	Les facteurs de tensions internationales sur l'accès à l'eau	126
	Les rapports de force au cœur des tensions	129
	Entre conflit et coopération : la diversité des situations internationales	133
	Le problème du partage des bénéfices de l'accès à l'eau	136
	Conclusion	139
6	La gouvernance de l'accès à l'eau	141
	La place de l'État dans le secteur de l'eau	141
	Différents « modèles » de régulation du secteur de l'eau	145
	Décentralisation, implication des parties prenantes et gestion intégrée	147
	Les défis de la gouvernance multi-niveaux	151
	Une gouvernance mondiale de l'eau ?	155
	Les besoins de financement dans le secteur de l'eau	158
	Des sources de financement insuffisantes	161
	Les pistes pour augmenter les capacités de financement : les contributions des utilisateurs	165
	Les pistes pour augmenter les capacités de financement : le recours au privé	167
	Les incitations à investir dans le secteur de l'eau	169
	L'aide au développement pour l'accès à l'eau	172
	Conclusion	174

Conclusion	175
Bibliographie	179
Index	195

Un ouvrage de référence sur un sujet de grande actualité !

Parmi toutes les ressources naturelles sur lesquelles reposent les activités humaines, l'eau se distingue par le fait qu'elle est vitale, et sans substitut. Ces spécificités fondent le **droit à l'eau**, reconnu depuis peu comme un **droit humain fondamental**. Mais l'eau est également rare, et soumise à des pressions croissantes du fait de l'expansion démographique et économique mondiale, de sorte que l'accès à l'eau est de plus en plus **un défi quotidien pour une grande partie de la population mondiale**, principalement dans les pays pauvres. Au-delà, ce sont les **équilibres entre écosystèmes et activités humaines** qui sont menacés par la **détérioration des ressources en eau**, en quantité comme en qualité. À n'en pas douter, l'accès à l'eau fait partie des **grands enjeux du développement durable** pour les décennies à venir, aux côtés de la lutte contre le changement climatique et de la protection de la biodiversité.

À mesure que l'observateur explore les conditions dans lesquelles ce défi peut être relevé, il découvre à quel point **les problèmes et leurs solutions éventuelles se comprennent à un échelon local**, tant la question de l'accès à l'eau en un point de la planète est différente, et relativement indépendante, de ce qu'elle peut être ailleurs. La question de l'eau est bien la plus complexe des problématiques du développement durable. Il en résulte que l'analyse de cette question mobilise un **très large éventail de disciplines**, et débouche sur une littérature gigantesque, que personne ne peut couvrir. Le champ de connaissances est tellement vaste qu'il devient difficile d'en avoir une perspective panoramique. De fait, il n'existe pas d'ouvrage présentant de manière claire et synthétique l'ensemble des enjeux de l'accès à l'eau et de sa gestion au 21^e siècle. L'objectif de cet ouvrage est de combler cette lacune, en tenant compte de ce que les différentes disciplines concernées ont à dire sur le problème de l'accès à l'eau dans ses diverses dimensions.



Laurent Baechler dirige le *Master of Advanced European and International Studies* du Centre International de Formation Européenne (Nice, Berlin, Rome), dans le cadre duquel il enseigne l'économie internationale et les questions de développement durable. Il a par ailleurs enseigné ces disciplines à Sciences Po. Ses recherches portent sur des questions d'énergie et de climat.