

Les ressources en eau

Water resources

par Pierre Chevallier ⁵

Résumé –abstract

Changement climatique et pression anthropique font de l'accès à l'eau un enjeu majeur, y compris géopolitique. L'eau se trouve au coeur du développement durable. Nous n'utilisons qu'une part minime de l'hydrosphère pour nos besoins directs; pour être renouvelable, cette ressource n'en est pas moins très inégalement répartie à la surface de la terre, donc très convoitée. L'accès à l'eau doit donc être organisé, réglementé et tarifé avec équité. Cette approche « durable » ne va pas de soi et implique qu'on cesse de voir l'eau comme un don gratuit et inépuisable de la nature. Dans la pratique, il faut commencer à l'échelle locale du territoire ou du bassin versant, y compris à travers les frontières administratives ou politiques. Le maintien à l'avenir de la diversité de nos cultures passe par la coopération internationale sous forme de négociations et d'accords sur ce bien commun qu'est l'eau.

Climate changes and man-made factors combine to turn access to water into a major (including strategic) challenge even as it lies at the heart of sustainable development. We use only a minimal portion of the hydrosphere for our direct needs; this renewable resource is very unevenly allocated, and therefore much coveted, across the world. Consequently, access to water must be organized, regulated and priced in an equitable sort of way. This "sustainable" approach is an arduous one and requires us to stop considering water as a free, inexhaustible gift of nature. In practice, we must start at the local territorial scale and with river basins, including across administrative and political boundaries. The future preservation of cultural diversity calls for international co-operation through negotiations and agreements over the common good that is water.

Introduction

L'eau et la répartition de sa ressource disponible pour les sociétés humaines sont au centre des préoccupations environnementales planétaires. Le contexte actuel de changement climatique et de pression anthropique fait que l'accès à une eau en quantité suffisante et de bonne qualité constitue un enjeu majeur qui s'inscrit dans les positionnements stratégiques au cœur des débats internationaux. On parle de *géopolitique de l'eau* (Lacoste, 2001). La disponibilité des ressources en eau a souvent été une source de conflits dans le passé ; elle l'est encore aujourd'hui et beaucoup de spécialistes de ces questions s'accordent à penser qu'elle le restera encore dans un futur qui risque de se prolonger. De grandes rencontres internationales ont été organisées (Mar del Plata, 1976 ; Dublin 1992 ; Marrakech, 1997 ; La Haye, 2000 ; Kyoto, 2003). Des organisations ou des programmes internationaux ont vu le jour (*Global Water Partnership*, Conseil Mondial de l'Eau, *International Water Management Institute*, le Programme Hydrologique International, etc.)⁶.

Les questions liées à la disponibilité de l'eau sont particulièrement délicates là où la ressource est faible ou mal distribuée (bassin méditerranéen, régions de mousson, zones arides et désertiques, etc.), là où les conditions climatiques engendrent des événements catastrophiques, là où les activités humaines (agriculture, industrie, urbanisme, mines, production énergétique, etc.) conduisent à une dégradation rapide et quelques fois irréversible de sa qualité, et, enfin, là où elle fait l'objet de la convoitise d'usagers potentiels aux intérêts contradictoires.

⁵ Pierre Chevallier est hydrologue, directeur de recherche à l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement). Il est actuellement directeur de l'ILEE (Institut Languedocien de recherche sur l'Eau et l'Environnement, Institut Fédératif de Recherche 123 du Ministère Délégué à la Recherche et aux Nouvelles Technologies).

⁶ Voir les sites Internet : www.gwpforum.org ; www.worldwatercouncil.org ; www.iwmi.cgiar.org ; www.unesco.org/water/ihp

Pour toutes ces raisons l'eau constitue l'une des clés du développement durable. Dans ce chapitre, nous donnerons des chiffres et des tendances pour mieux comprendre les enjeux et les contextes, afin de mieux aborder les débats qui peuvent conduire à des décisions.

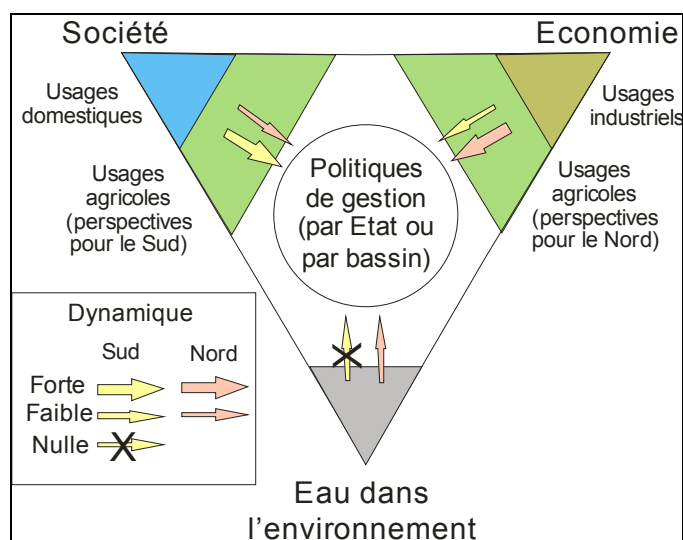


Figure 2 : Les ressources en eau dans le cadre du *triangle du développement durable* - Source : Allan (2001), graphique adapté avec la permission de l'auteur.

Les ressources en eau sont au cœur de ce que l'on appelle couramment les trois piliers du développement durable : *société, économie, environnement*. La Figure 2 proposée par Allan (2001) pour le Moyen-Orient est aisément transférable au cas général. La perception des usages de la ressource en eau diffère selon le développement des sociétés. Les usages agricoles et domestiques dominent pour les sociétés des pays industrialisés, alors que, pour les sociétés des pays émergents ou en développement, elles pèsent dans les choix économiques. La prise en compte environnementale est encore relativement faible dans les pays du nord et elle n'est que balbutiante dans les pays du sud⁷.

Les ressources en eau

Quelques définitions

On appelle *hydrosphère* l'ensemble de l'eau contenu dans le système terrestre. Le *cycle de l'eau* est un processus complexe qui engendre des échanges entre les grands réservoirs d'eau qui sont constitués par les mers et les océans, par l'atmosphère et par les eaux continentales. Ces échanges se déroulent sur des durées très variables allant de quelques jours à plusieurs milliers d'années.

Les sociétés humaines n'accèdent qu'à une toute petite part de l'hydrosphère⁸ pour satisfaire leurs besoins directs : l'eau douce continentale superficielle ou de faible profondeur. Cette *ressource* est *renouvelable*. C'est-à-dire qu'à une échelle de temps annuelle – qui correspond à une séquence astronomique élémentaire pour tous les points géographiques de la terre – le processus du cycle naturel de l'eau « précipitation > écoulement > évaporation > transport atmosphérique » se renouvelle complètement. Toutefois, ce mécanisme est soumis à une variabilité naturelle dans l'espace et dans le temps qui induit une variabilité des volumes d'eau accessibles à un endroit donné d'un cycle annuel à l'autre, avec un effet *régulateur* joué dans un certain nombre de situations par les grands aquifères.

⁷ En particulier pour certains projets d'envergure qui font, le plus souvent l'objet, de financements internationaux qui l'exigent.

⁸ L'accès à des ressources en eau *non conventionnelles* est tributaire de moyens technologiques qui en limitent l'usage à des situations bien particulières, justifiant des investissements économiques considérables.

Kandel (1998) donne une description complète de ces mécanismes, abordable par le lecteur non spécialiste de ces processus.

L'eau liquide et solide se déplace sur la surface de la terre par gravité, de l'amont vers l'aval. Le relief des continents va donc déterminer des *bassins versants* correspondant à un ensemble hydrologique dans lequel toute entrée atmosphérique d'eau par le biais des précipitations sera naturellement conduite à un exutoire vers une mer ou un océan. Les limites de ces grands bassins (*Revenga et al.*, 2003) ne correspondent pratiquement jamais aux limites des divisions politiques, l'exception la plus notable est constituée par les pays s'identifiant à une île ou à un ensemble d'îles. Or c'est précisément à l'échelle des divisions politiques que sont définies les règles juridiques, économiques, culturelles, techniques qui conduisent à la mise en œuvre d'une *gestion intégrée des ressources en eau*. Pour un pays, la ressource en eau dépend de manière plus ou moins importante des ressources en eau des pays voisins se situant à l'amont hydrologique. Cette situation est également vraie pour les réservoirs souterrains constitués par les aquifères des grands bassins sédimentaires, en particulier ceux qui accompagnent des cours d'eau. Cette situation conduit souvent à une *approche transfrontalière*, nécessitant des dispositions techniques, politiques et réglementaires particulières.

Les sociétés humaines savent depuis très longtemps modifier les écoulements naturels superficiels de l'eau pour en tirer profit. Depuis des millénaires l'homme sait construire des ouvrages pour capter l'eau des rivières et des nappes pour l'irrigation (Mésopotamie, Nil), stocker l'eau dans des barrages (Proche-Orient, Inde) ou transporter l'eau dans les cités (Europe, Afrique du Nord). Ces ouvrages hydrauliques ont profondément modifié le cycle naturel de l'eau en introduisant deux notions. La première notion est celle de *prélèvement* de volumes d'eau que l'on va soustraire à la dynamique naturelle soit en les stockant dans des réservoirs pour des durées plus ou moins longues, soit en leur imposant un chemin d'écoulement différent de celui qu'ils auraient naturellement suivi. Une partie de ces volumes prélevés est restitué au milieu naturel avec un déphasage temporel et/ou spatial. Mais il arrive dans ces opérations que l'eau ne soit pas totalement restituée au milieu superficiel continental, soit parce qu'elle *s'évapore*, soit parce qu'elle est *transpirée* par la végétation. C'est la seconde notion que l'on appelle *consommation* d'eau et qui constitue un forçage anthropique du cycle naturel de l'eau en renvoyant au travers d'une activité humaine de l'eau douce continentale vers l'atmosphère. Enfin la qualité de la part de l'eau restituée au milieu naturel après prélèvement est souvent altérée dans son contenu, physique, chimique ou biologique.

L'énergie du cycle hydrologique est fournie par les rayonnements solaire et terrestre contrôlés par la bulle atmosphérique soumise à l'*effet de serre*. Principalement à cause des mouvements astronomiques de notre planète et de son environnement cosmologique, les *impacts du climat* varient naturellement beaucoup à la surface de la terre dans le temps et dans l'espace. Pour l'échelle temporelle, il ne s'agit pas seulement de la durée des temps géologiques (ordre de grandeur du millions d'années), historiques (milliers d'années) ou interannuelles, mais aussi de la variabilité intra-annuelle que l'on qualifie souvent de *saisonnalité*. Pour l'échelle d'espace, on peut aborder les questions aux échelles globales, planétaire, mais aussi aux échelles locales : celle des pays qui imposent généralement les règles politiques, économiques et sociales ou celle des *territoires* qui correspondent à une entité géographique, comme le bassin hydrologique, et à un mode de fonctionnement particulier d'une société humaine (caractéristiques physique du milieu vs activité, culture, démographie, etc.).

A l'échelle planétaire

On estime que la Terre contient 1,4 milliard de km³ d'eau dont 97,5% sous forme d'eau salée dans les mers et les océans et 2,5% sous forme d'eau douce (*Shiklomanov*, 1998 ; *Diop et Rekacewicz*, 2003).

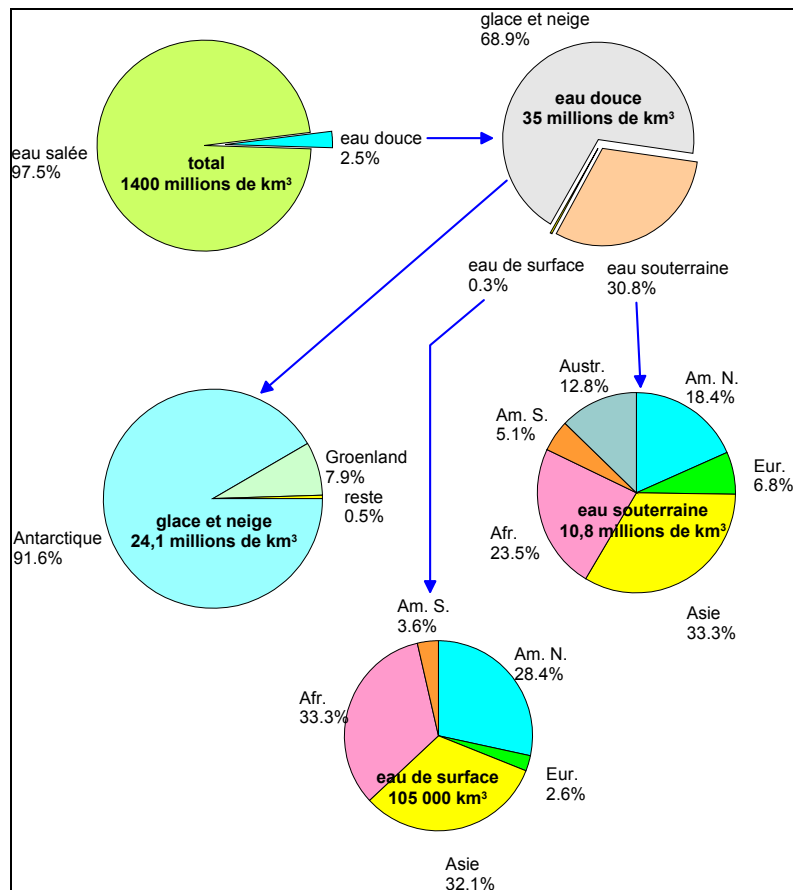


Figure 3 : Distribution des ressources en eau de la Terre selon leur qualité (salée ou douce), selon le type de réservoirs (solide, liquide ou souterrain) et selon les continents. - Sources : *Shiklomanov* (1998) ; *Diop et Rekacewicz* (2003).

La Figure 3 schématise la distribution des ressources en eau douce selon les trois grands types de réservoirs : sous forme solide (glace, neige) à la surface, sous forme liquide à la surface (lacs, cours d'eau, réservoirs) et sous ses deux formes dans les sols et les roches.

Ces données appellent quelques commentaires :

- Seules une partie des eaux de surface et une très faible partie des eaux souterraines constituent des ressources renouvelables accessibles pour les usages par les sociétés humaines. Elles constituent une infime partie de l'eau existante à la surface de la terre (moins de 0,01%).
- La plupart de ces eaux douces de surface continentale est stockée dans les aquifères et dans les grands lacs, en particulier en Afrique, Asie et Amérique du Nord. L'eau contenue dans les cours d'eau ne représente que 1300 km³, soit un peu plus de 1% des eaux de surface non gelées.
- Ces volumes d'eau font l'objet d'une circulation annuelle intense. On estime en effet (*Shiklomanov*, 1998) que le renouvellement implique près de 577 000 km³ qui sont évaporés (87% sur les océans), puis précipités sous forme de pluie ou de neige, beaucoup sur les océans également.

Le projet AQUASTAT (FAO, 2003) a récemment recensé parmi les ressources en eau renouvelables celles qui sont effectivement disponibles pour les usages des sociétés humaines, sur la base de critères de qualité et d'accessibilité. Elles proviennent pour leur plus grande partie des eaux de surface et plus faiblement des eaux souterraines. La part renouvelable annuellement de l'eau douce utile sur la terre n'est que d'environ 44 000 km³, ce qui constitue une ressource de l'ordre de 7 000 m³ par humain en 2004.

Cette ressource en eau est toutefois très inégalement répartie à la surface de la terre (Tableau 1), non seulement géographiquement, mais surtout lorsqu'elle est rapportée à la démographie. On constate,

par exemple, à l'échelle des grandes régions continentales, qu'un Américain du Sud ou qu'un Océanien dispose de 17 fois plus d'eau douce qu'un habitant du Proche Orient, ou que le volume d'eau disponible pour un Européen de l'Ouest se trouve plutôt dans la partie basse de l'échantillon.

Tableau 1 : Ressources en eau renouvelables accessibles annuellement par grandes régions continentales rapportées à la population en 2000 – Source : FAO (2003).

Région	Population (millions)*	Ressources totales (km ³ /an)	%	Ressource par habitant (m ³ /hab.an)
Amérique du Nord	409,9	6 709	15,2%	16 368
Amérique Centrale et Caraïbe	72,4	787	1,8%	10 867
Amérique du Sud	345,7	12 380	28,3%	35 808
Europe de l'Ouest et Centrale	510,8	2 181	5,0%	4 270
Europe de l'Est	217,1	4 693	10,2%	21 622
Afrique	793,3	3 950	9,0%	4 980
Proche Orient	257,1	491	1,1%	1 909
Asie Centrale	78,6	289	0,6%	3 681
Asie du Sud et de l'Est	3 331,9	11 720	26,8%	3 518
Océanie et Pacifique	25,4	911	2,1%	35 869
Total	6 042,2	43 764	100,0%	7 243

* base FAOSTAT 2000

Tableau 2 : Ressources en eau renouvelable accessible annuellement pour les 10 pays les plus favorisés de la planète : ressources totales et internes, proportion de ressource interne, dépendance des pays situés à l'amont et ressources par habitant en 2000. – Source : FAO (2003).

Pays	Population (millions)*	Ressources totales (km ³ /an)	Dont ressources internes (km ³ /an)	Part de la ressource mondiale (%)	Ratio de dépendance (%)	Ressource par habitant (m ³ /hab.an)
Brésil	170,4	8 233	5 418	12,4	34,2	48 314
Féd. de Russie	145,5	4 507	4 313	9,8	4,3	30 980
Canada	30,8	2 902	2 850	6,5	1,7	94 353
Indonésie	212,1	2 838	2 838	6,5	0	13 381
Chine	1 253,1	2 830	2 812	6,4	0,6	2 258
Colombie	42,1	2 132	2 112	4,8	0,9	50 635
Etats-Unis**	279,6	2 071	2 000	4,6	3,4	7 407
Pérou	25,7	1 913	1 616	3,7	15,5	74 546
Inde	1 008,9	1 907	1 261	2,9	33,9	1 880
RD Congo	50,9	1 283	900	2,6	29,9	25 183
Total des 10 pays les plus riches	3 219,0 (53,3%)		26 120 (59,7%)			

* base FAOSTAT 2000

** sans l'Alaska et Hawaï

A l'échelle des pays et des grand bassins

A l'échelle d'un pays, l'évaluation des mêmes ressources est plus complexe, puisqu'il faut compléter les ressources propres du pays lui-même avec celles provenant des pays amont voisins par le truchement des cours d'eau ou des nappes souterraines, qui ont fait eux-mêmes l'objet de prélèvements ou d'aménagements.

Le Tableau 2 établit ces différentes conditions pour les neuf pays de la planète les plus « riches » en eau renouvelable accessible et le Tableau 3 présente les mêmes données pour les 10 pays où la ressource en eau par habitant est la plus faible.

Tableau 3 : Ressources en eau renouvelable accessible annuellement pour les 10 pays où la disponibilité par habitant est la plus faible. – Source : FAO (2003).

Pays	Population (millions)*	Ressources totales (km ³ /an)	Dont ressources internes (km ³ /an)	Ratio de dépendance (%)	Ressource par habitant (m ³ /hab.an)
Koweït	1,9	0,02	0	100	10
Bande de Gaza	1,1	0,06	0,05	17,9	52
Emirats Arabes	2,6	0,2	0,2	0	58
Bahamas	0,3	~0	~0	0	66
Qatar	0,6	0,1	~0,1	3,8	94
Maldives	0,3	0,03	0,03	0	103
Libye	5,3	0,6	0,6	0	113
Arabie Saoudite	20,3	2,4	2,4	0	118
Singapour	4,0	0,6	0,6	0	149

* base FAOSTAT 2000

L'examen de ces deux tableaux appelle quelques commentaires :

- Les 10 pays les mieux fournis en volume total concernent un peu plus de la moitié de la population mondiale pour près de 60% de la ressource. On note toutefois une très grande disparité dans la distribution entre les pays : en théorie un Canadien dispose d'environ 50 fois plus d'eau qu'un Indien et près de 13 fois plus que son voisin des Etats-Unis.
- De plus, les pays les mieux fournis couvrent en général de vastes territoires où il existe une très grande variabilité interne dans la distribution spatiale et temporelle de ces richesses. Deux exemples : au Pérou, la richesse en eau se trouve sur le versant amazonien très peu habité, alors que la côte Pacifique est très sèche et les villes (dont la capitale Lima avec 8 millions d'habitants) sont approvisionnées par des rivières et des captages descendant des glaciers des Andes ; en Inde, non seulement l'inégalité géographique est considérable entre les régions humides du Kerala (sud-ouest) ou de l'Assam (nord-est) et les régions arides du Rajasthan (nord-ouest), mais aussi à cause du phénomène climatique de la mousson, l'abondance de la ressource est concentrée sur une toute petite période de l'année (entre juin et août) avec une très grande variabilité d'une année à l'autre.
- Pour les pays les moins bien dotés, il s'agit (heureusement) de pays peu peuplés (à l'exception de l'Arabie Saoudite), et plutôt riches (à l'exception de la bande de Gaza et des Maldives). Ces pays sont soit des systèmes insulaires, soit des régions de l'Est Méditerranéen ou du Moyen-Orient.
- Les ressources naturelles d'eau douce accessibles pour certains de ces pays les moins bien fournis ne suffisent même pas au besoin élémentaire de l'homme pour l'hygiène et l'alimentation. Ils doivent donc faire usage de ressources souterraines dont le renouvellement n'est pas équilibré, ou procéder à de coûteuses opérations de dessalement d'eaux saumâtres, voire d'eau de mer.

On peut aussi aborder cette question de la quantification de la ressource en eau disponible sous l'angle du découpage en « grands bassins versants ». *Revenga et al. (2003)*⁹ proposent une analyse très complète, bassin par bassin.

Pour mieux mesurer le concept de *pression humaine sur la ressource en eau*, les Nations Unies ont défini un indice appelé *water stress*, comme le pourcentage de la ressource en eau disponible effectivement prélevé par les activités humaines (WMO, 1998).

La Figure 4 exprime ce *water stress* pour l'année 2000 sur la base des données de *Gleick et al. (2002)*. On note que c'est autour de Méditerranée, au Proche-Orient, en Inde, en Asie Centrale et en Afrique du Sud que les prélèvements pour les usages de l'eau sont les plus forts.

⁹ Cette publication est disponible sur Internet : www.iucn.org/themes/wani/earthatlas/index.html

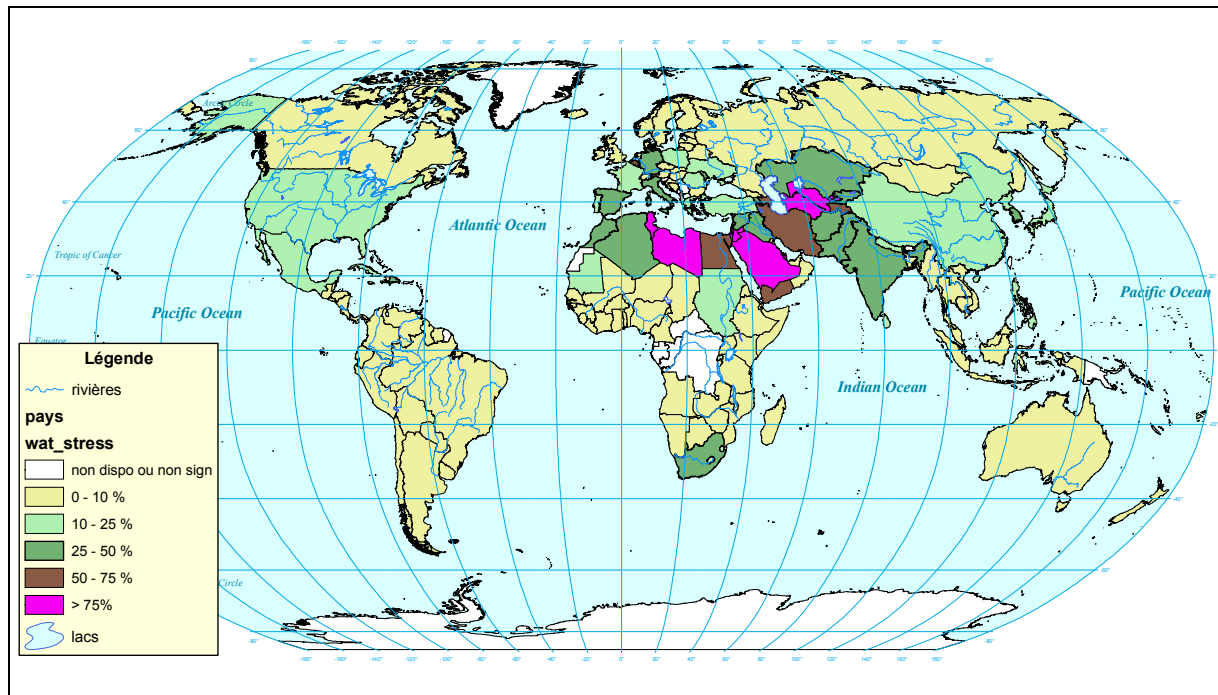


Figure 4 : Représentation de la pression sur les ressources en eau estimée pour l'année 2000 (*water stress*) : pourcentage de l'eau prélevée par rapport à l'eau disponible – Sources : Gleick et al. (2002) – Fond de carte ESRI®.

Les usages de l'eau

Les grands usages

On s'accorde généralement à classer les usages (prélèvement et consommation) de l'eau en quatre grandes catégories : les usages agricoles, les usages industriels, les usages des collectivités et la consommation d'eau par les réservoirs et les installations hydrauliques.

La Figure 5 représente la distribution de ces différents usages en 1995, ainsi qu'une projection pour l'année 2025. Pour chaque usage, on a représenté la partie de l'eau prélevée qui est consommée.

Sur la Figure 5, on observe leur évolution au cours du XX^{ème} Siècle et la prévision jusqu'en 2025. On note une première accélération des prélèvements entre 1950 et 1980 correspondant au boom économique après la Deuxième Guerre Mondiale, suivi d'un ralentissement, puis d'une nouvelle reprise projetée pour le début du XXI^{ème} Siècle.

Les usages agricoles.

Ils représentent les deux tiers de tous les prélèvements, dont environ 70% sont « consommés ». Ils servent à l'agriculture irriguée avec des techniques très variables selon la disponibilité de l'eau et son origine superficielle ou souterraine. C'est l'Asie qui utilise le plus d'eau agricole (Figure 6), en particulier dans les grands pays très peuplés comme la Chine, l'Inde ou le Pakistan où la *Révolution Verte*¹⁰ a permis de mieux nourrir des régions soumises à une pression démographique galopante ; mais aussi en Asie Centrale où l'économie soviétique avait fait des choix de développement utilisant à des fins agricoles les ressources en eau des montagnes du Pamir (voir plus loin la section sur la Mer d'Aral).

Si l'irrigation a répondu de façon spectaculaire au problème posé par la sécurité alimentaire des populations de la terre sans toutefois l'avoir définitivement résolu, elle n'est pas sans poser de nouvelles questions qui sont encore loin d'être résolues. Parmi les principales, on retiendra aux échelles locales :

¹⁰ A partir du milieu des années 60, les progrès de l'agronomie, de la génétique végétale, du machinisme agricole, ainsi que des moyens de luttés contre les maladies végétales et les ravageurs, ont permis d'améliorer considérablement les rendements des productions vivrières

- La *salinisation* des sols : l'évapotranspiration dans les systèmes irrigués concentre le sel contenu naturellement dans les eaux,
- Des modes de gestion des terroirs remettant en question profondément les traditions, les cultures et les organisations sociales,
- Une valorisation économique du foncier et de l'outil de travail,
- La nécessité d'une approche technique et donc d'une formation des usagers,
- Les très importantes *pertes* liées au transport de l'eau¹¹ qui font que souvent une proportion très faible de l'eau prélevée profite réellement aux cultures.

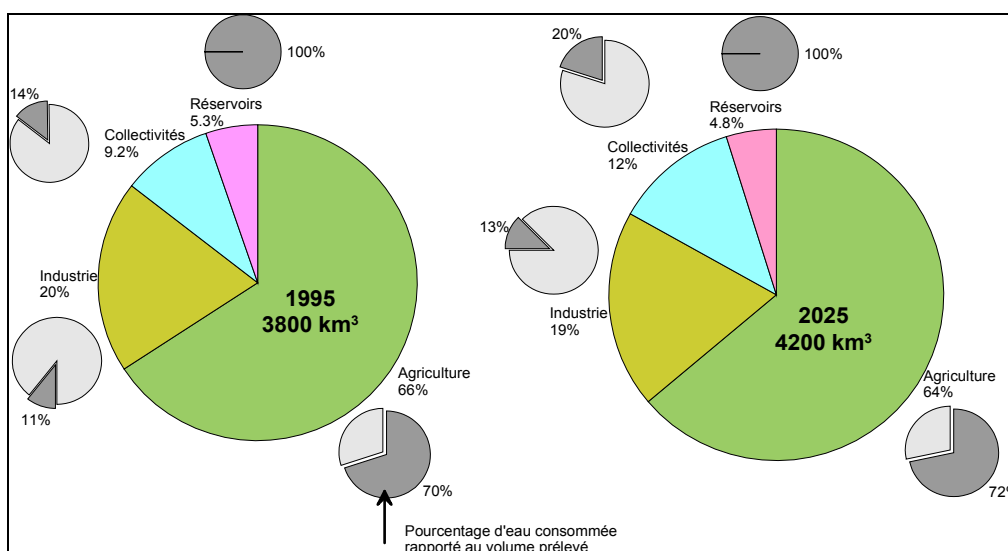


Figure 5 : Prélèvements et consommation d'eau par secteur en 1995 et 2025 - Source : *Cosgrove et Rijsberman* (2000).

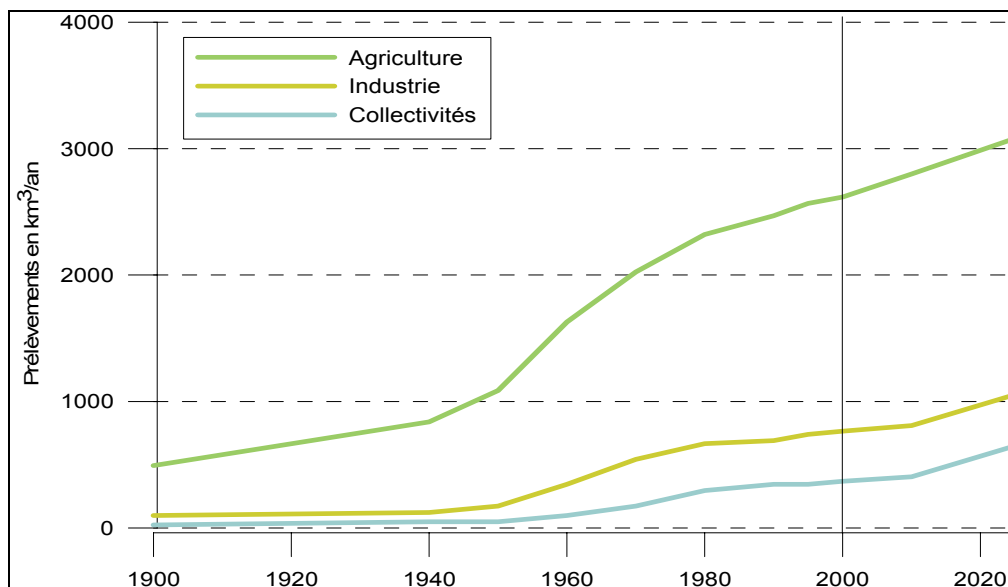


Figure 6 : Evolution des prélèvements d'eau mondiaux au cours du XX^{ème} Siècle pour les trois secteurs de l'agriculture, de l'industrie et des collectivités – Source : *WMO* (1998) et prévision jusqu'en 2025 – Source : *Shiklomanov* (1998).

¹¹ Ces pertes sont essentiellement dues à l'évaporation, mais aussi à l'infiltration. Dans ce dernier cas si l'eau n'est pas profitable à la culture irriguée, elle n'est pas *perdue* pour d'autres usages. C'est la raison pour laquelle, il est toujours très difficile d'établir un véritable *facteur de rendement*.

On remarque sur la Figure 7 une tendance moindre d'augmentation de la consommation d'eau par rapport aux superficies irriguées à partir de 1990. Cela peut s'expliquer par l'amélioration du transport de l'eau, de sa distribution et de l'usage de techniques d'irrigation moins consommatrices, mais aussi par l'arrivée de nouvelles variétés végétales moins gourmandes en eau.

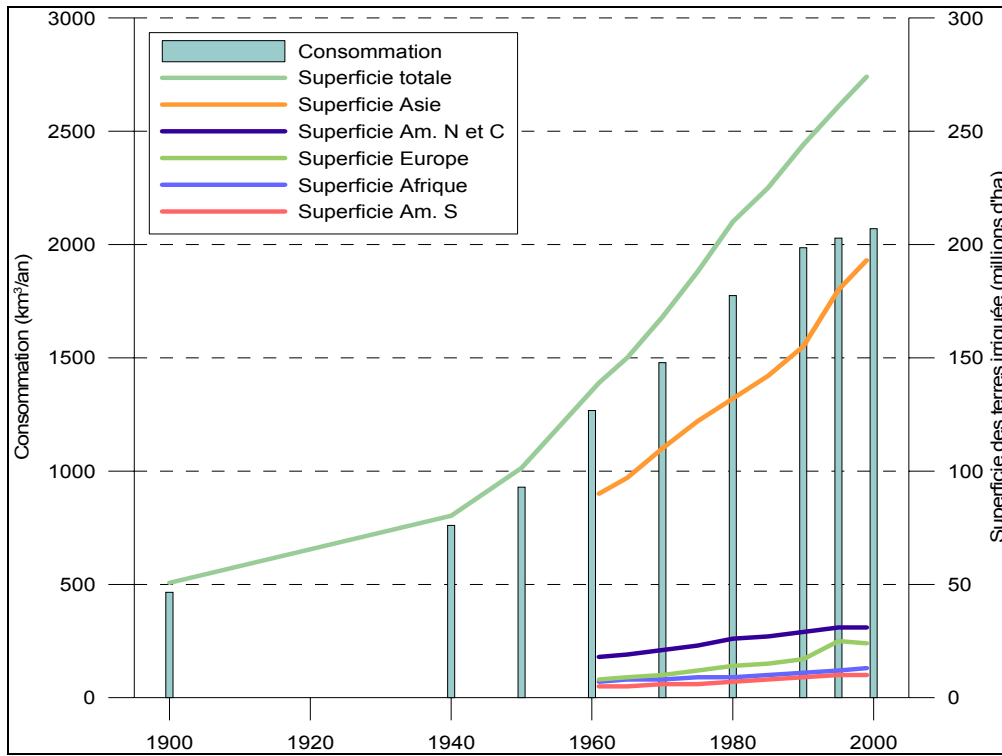


Figure 7 : Evolution de la consommation d'eau pour l'irrigation et de la superficie des terres irriguées par continents au cours du XX^{ème} Siècle – Sources : WMO (1998) ; Gleick et al. (2002).

Les usages industriels.

Ils représentent environ 20% des prélèvements, dont seulement 10% sont « consommés ». Dans les usages industriels est incluse la production énergétique, où l'eau joue un grand rôle, non seulement pour l'hydroélectricité, mais aussi pour le refroidissement des centrales thermiques et nucléaires. Si l'eau utilisée par les industries est restituée dans sa presque totalité au milieu naturel, elle subit souvent une dégradation de sa qualité chimique (matières dissoutes) ou physique (matières en suspension, augmentation de la température) qui peut profondément altérer l'environnement à l'aval.

Les usages des collectivités

On parle aussi d'usages domestiques. Il s'agit de l'ensemble des prélèvements qui sont effectués pour le bénéfice des organisations sociales (ménages et collectivités) : hygiène, alimentation, abreuvement des hommes et des animaux domestiques, nettoyage, mais aussi piscines, fontaines, arrosage des jardins, lavage des voitures, etc.. Ils nécessitent des dispositifs particuliers de prélèvement, de traitement préliminaire et de distribution, puis d'évacuation et d'assainissement des *eaux usées* avant leur restitution au milieu naturel. Si ces usages ne représentent qu'environ 10% des prélèvements, ils sont souvent considérés comme *prioritaires* en cas de conflits et les enjeux économiques qu'ils génèrent sont si importants qu'ils prennent souvent le pas sur les autres usages dans les politiques nationales. Il s'agit aussi de l'eau dont le coût économique est le plus souvent acceptable et accepté par l'utilisateur.

Le Tableau 4 montre que l'approvisionnement en eau *domestique* n'est pas encore généralisé, en Afrique, en Amérique du Sud et Centrale et en Asie, tout particulièrement dans les zones rurales. Le traitement préliminaire de l'eau, et *a fortiori* le traitement après usage, est encore plus limité. Cette situation explique largement les grands débats internationaux autour de cette question considérée comme le stade préliminaire du développement social et qui implique dans la plupart des situations courantes la mise en place de partenariats *public / privé*.

Tableau 4 : Pourcentage de la population bénéficiant d'un approvisionnement en eau et, parmi celui-ci, pourcentage de l'eau traitée (valeurs estimées pour l'année 2000 à partir de statistiques nationales de différentes dates) – Source : Gleick et al. (2002).

	Approvisionnement		Traitement	
	rural	ville	rural	ville
Monde	71%	94%	38%	86%
Afrique	47%	85%	45%	85%
Am. N	100%	100%	100%	100%
Am. S&C	62%	93%	48%	87%
Asie	74%	93%	31%	78%
Europe	100%	100%	88%	99%
Océanie	67%	100%	78%	100%

La Figure 8 complète ces données en présentant les prélèvements domestiques quotidiens par personne et par pays. Si dans les pays du sud ce prélèvement reste souvent inférieur à 100 l/j, voire même 50l/j dans les pays d'Afrique Tropicale ou en Bolivie, elle dépasse à l'opposé 500 l/j dans quelques pays industrialisés comme les Etats-Unis, la Nouvelle Zélande ou les Emirats Arabes Unis, les pays européens se situant presque tous dans une fourchette de 200 à 300 l/j.

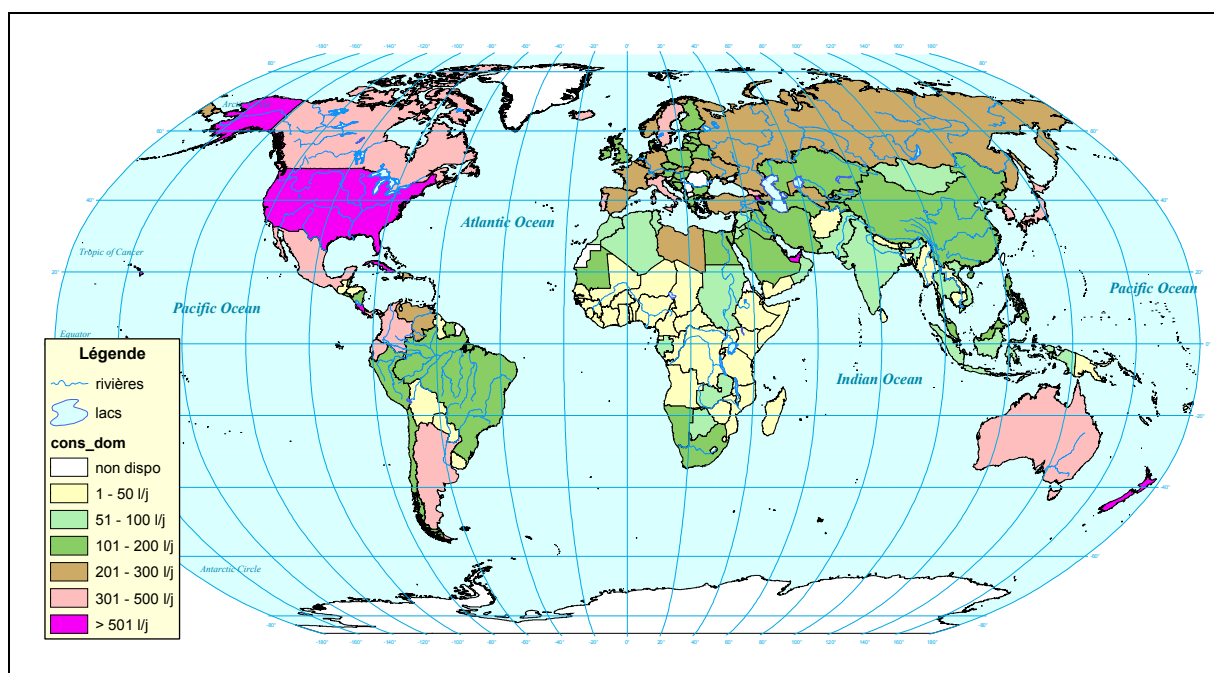


Figure 8 : Prélèvement moyen d'eau par personne pour l'usage domestique (en l/jour) (date de l'information variable selon les pays entre 1980 et 2000) - Sources : Gleick et al. (2002) – Fond de carte ESRI®.

L'évaporation dans les réservoirs.

Bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'un usage de la ressource en eau, la construction d'ouvrages hydrauliques à but agricole, domestique ou industriel, ou mixte, crée par elle-même un prélèvement d'eau important par évaporation du miroir d'eau, et, de manière négligeable, par infiltration au fond de la cuvette. L'ensemble de cette « consommation » d'eau directement restituée à l'atmosphère est évalué à environ 5% des prélèvements globaux.

En effet, le principal facteur limitant de la construction d'un réservoir d'eau consiste dans sa surface. A volume constant, plus un réservoir est étendu, plus il « perdra » d'eau par évaporation. A partir de la connaissance des apports, le dimensionnement d'un réservoir résulte toujours d'un compromis entre le volume stocké et la hauteur utile, d'une part, et la surface du miroir d'eau, d'autre part.

De nombreux réservoirs dans le monde (beaucoup de petite dimension) sont d'ailleurs plus souvent des machines à évaporer que des stocks d'eau véritablement utiles. Il arrive même que des ouvrages importants ne se remplissent jamais, soit parce qu'ils ont mal été dimensionnés, soit parce que des changements sont intervenus dans leurs apports.

La quadrature du cercle : ressource / demande / besoin / usage

Les tableaux et cartes précédentes démontrent que la tendance actuelle est à une exploitation de plus en plus *tendue* de la ressource en eau disponible. L'accès à cette ressource convoitée doit donc être organisé, réglementé et tarifé selon des critères admis par tous. En cas de conflit, des procédures d'arbitrage doivent être mises en place. A ce stade, il est nécessaire de bien distinguer les différents ensembles en jeu :

- La *ressource* correspond à la quantité d'eau disponible ou accessible avec une qualité donnée,
- La *demande* concerne le volume et la qualité de l'eau que les usagers considèrent comme nécessaire pour répondre à leurs *besoins*, sans pour autant qu'elle corresponde au *besoin réel* nécessaire (en quantité et en qualité) pour les usages identifiés,
- L'*usage* enfin consiste dans la répartition entre les différents demandeurs de la ressource disponible en essayant de concilier les *besoins*. C'est ce que recouvre généralement l'expression consacrée *Gestion Intégrée des Ressources en Eau* (en anglais : *Integrated Water Resources Management, IWRM*).

Cet enchaînement de concepts est particulièrement délicat à maîtriser et dépend de chaque situation, de chaque échelle d'approche, de chaque condition sociétale, de chaque niveau de développement économique ou de choix culturels. La mise au point d'outils objectifs d'aide à la décision, d'arguments de négociation, de critères de priorité, de scénarios de répartition entre différents usages, de dimensionnement des ouvrages nécessaires, etc. constitue tout l'enjeu d'un développement durable maîtrisé dans le cas de l'accès des sociétés à la ressource en eau.

Les changements globaux

La ressource en eau est également au cœur des problèmes posés par ce que l'on a coutume d'appeler les *changements globaux*. Cette notion recouvre trois grands domaines qui sont étroitement liés entre eux :

- D'une part, la variabilité naturelle intrinsèque de l'environnement. La dynamique de la « machine » terrestre est en constante évolution et l'eau en est un moteur fondamental comme vecteur de transport, de vie, de façonnage des paysages, etc.
- D'autre part, le rôle des sociétés humaines qui adaptent cet environnement à leurs besoins. Comme on l'a déjà vu dans les pages qui précèdent, la ressource en eau est un élément central de ces constructions humaines.
- Enfin, le changement climatique observé depuis environ un siècle et pour lequel les scientifiques ne mettent plus en doute le rôle joué par l'homme (IPCC, 2001). La ressource en eau y est intrinsèquement associée, le réchauffement global ayant des liens reconnus avec les régimes de précipitation et d'écoulement, avec l'étendue des couvertures glaciaires et neigeuses et, enfin, avec la fréquence et/ou l'intensité d'événements extrêmes.

Il est important de noter que ces trois volets sont indissociables. Une tendance récente de certaines analyses est de faire porter sur le seul climat une large partie de la responsabilité des dysfonctionnements environnementaux constatés. C'est une porte de sortie facile parce qu'elle permet de rejeter la responsabilité à une échelle globale où tout le monde est impliqué, mais dont personne n'a la maîtrise. L'échappatoire est peu justifiable : dans les faits, le changement climatique est un nouveau déséquilibre qui s'impose à des conditions environnementales critiques, directement liées aux activités humaines. Le changement climatique en accentue toutefois les conséquences.

La notion de changement global est toujours associée à celle d'espace et de temps : on sait qu'il y a eu des bouleversements environnementaux et climatiques qui ont dans le passé *géologique* profondément modifié les conditions de vie sur notre planète : par exemple et pour rester dans le domaine de la ressource en eau : la dernière grande glaciation qui, en stockant sous forme de glace continentale une partie des eaux marines, a provoqué une baisse considérable des niveaux des mers (-120 m pour la Méditerranée). Au cours des derniers 10 000 ans, des conditions climatiques stables et plutôt clémentes ont permis le développement rapide de l'humanité et de ses activités dans des sites géographiques favorables qui se sont progressivement étendus. L'inquiétude actuelle vient du fait que contrairement aux temps *géologiques*, l'homme est devenu très récemment un acteur majeur de ces changements, d'abord aux échelles locales, puis progressivement à l'échelle planétaire. Ces questions ont fait l'objet de plusieurs contributions de scientifiques français au Sommet de Johannesburg (*Barbault et al.*, 2002; Ministère de la Recherche et des Nouvelles Technologies, 2002).

Les risques liés à l'eau

Une politique sérieuse de *développement durable* doit s'intéresser aux risques qui menacent les sociétés humaines et à la mise en place de dispositifs adaptés à leur prévention. Un certain nombre de ces risques sont liés à l'eau et aux flux de matières associés. La gestion de ces risques rentre aussi dans le schéma général de la *Gestion Intégrée des Ressources en Eau*.

Dans ce rapport, on ne rentrera pas dans le détail d'un inventaire et *a fortiori* d'une analyse des risques liés à l'eau. Mais on se contentera d'un rappel rapide, afin que cet aspect important ne soit pas écarté du cadre général de la question des ressources en eaux pour un développement durable. Classiquement, la notion de risque est décrite comme la résultante de deux concepts : l'*aléa* et la *vulnérabilité*. On peut distinguer les risques *naturels* où la part de l'aléa domine et les risques liés aux activités humaines où la part de la vulnérabilité domine, les deux étant dans la pratique, comme pour les *changements globaux*, étroitement liés.

- Les risques *naturels* concernent surtout l'exacerbation de phénomènes locaux et restreints dans le temps : sécheresses, d'une part, et crues et inondations, d'autre part, avec le cortège de problèmes associés affectant la végétation, les sols, les paysages. Il n'est pas démontré que les *changements globaux* donnent un caractère plus ou moins catastrophique à ces risques, mais ils en modifient souvent la nature et les conséquences non seulement dans la mesure où les installations humaines plus denses, sont plus vulnérables (dans les causes et dans les effets), mais aussi parce que les sociétés humaines sont moins fatalistes et acceptent de moins en moins les aléas d'une nature qu'elles souhaiteraient pour une grande part « *contrôlable* ».
- Les risques liés aux activités humaines sont de très nombreux ordres : physiques avec une mauvaise gestion, voire la rupture, d'ouvrages ; chimiques avec les innombrables sources de pollution ponctuelle ou diffuse ; biologique avec des atteintes à la faune, à la végétation, à la santé humaine ; économiques avec les choix d'aménagements agricoles, industriels ou urbains ; énergétiques avec la dépendance forte à la disponibilité en eau des systèmes de production hydraulique, thermique, nucléaire ; politiques avec les conflits transfrontaliers ou interrégionaux dans un même pays pour l'usage des ressources en eau dans le continuum amont-aval, etc.
-

Géopolitique de l'eau

En reprenant le schéma de *Allan* (2001) (Figure 2), seules les structures politiques à l'échelle des pays ou à l'échelle des bassins sont à même de contrôler les actions des acteurs du développement durable. Comme on l'a vu dans les sections précédentes, elles doivent s'adapter à chaque situation locale pour une période donnée en tenant compte du voisinage. *Lacoste* (2001) élargit cette approche en notant que *les questions de géopolitique de l'eau* incluent *l'analyse critique des représentations que diffusent les médias, dès lors qu'il est question de ressources en eau, de leur mise en valeur ou des concurrences qu'elles suscitent sur des territoires de plus en plus grandes dimensions*.

A travers quelques exemples ou questions souvent mis en lumière par les médias - parfois de façon tendancieuse -, les paragraphes suivants tentent d'illustrer ce concept et les difficultés de sa mise en œuvre.

Les alternatives aux faibles ressources locales

Nous avons vu que dans certaines régions, en particulier dans le bassin méditerranéen, au Moyen Orient et en Asie Centrale la disponibilité des ressources renouvelables en eau atteignait des niveaux particulièrement critiques. Des moyens techniques de plus en plus sophistiqués sont parfois mis en œuvre pour tenter d'y remédier. Trois de ces alternatives, souvent citées dans les médias, sont brièvement décrites ici : le transport et le contrôle de l'eau sur de longues distances ; le dessalement de l'eau de mer ; les pluies provoquées. Une quatrième possibilité, probablement la plus fréquente, est la réutilisation des eaux usées. Elle est relativement moins discutée que les trois autres et ne sera pas abordée ici.

Le transport et le contrôle de l'eau sur de longue distance

D'impressionnants projets ont vu le jour ou sont en cours de réalisation pour réguler la distribution de la ressource en eau à de très grandes échelles d'espace, affectant souvent plusieurs pays. On peut distinguer deux grandes catégories qui se complètent parfois :

- Le transport artificiel de l'eau sur de très longues distances pour amener une ressource depuis un lieu où elle est abondante en un lieu où elle est déficitaire. Trois exemples dans des contextes géographiques et humains contrastés :
 - le canal du Karakoum en Asie Centrale qui comporte plusieurs dérivations et qui transporte une part importante du débit de l'Amou Darya et atteint la frontière iranienne à plus de 1000 km de son point de départ, constituant ainsi le plus long ouvrage de ce type actuellement en service (*Létolle et Mainquet, 1993*) ;
 - le système complexe de prélèvement et d'adduction d'eau du bassin du Jourdain qui concerne plusieurs pays de la région (Israël, Autorité Palestinienne, Liban, Jordanie) dont le contrôle et la gestion sont régulièrement au cœur des négociations de paix (*Allan, 2001; Diop et Rekacewicz, 2003*)
 - le projet d'Aqueduc du XXI^{ème} Siècle prolongeant le Canal du Bas-Rhône de Montpellier à Barcelone sur une distance de 320 km, pour pallier les difficultés de l'alimentation en eau des villes de la Catalogne espagnole¹².
- Des ensembles d'aménagements consistant généralement en un réseau de barrages et d'ouvrages de régulation administrés d'une façon globale. Parmi les exemples récents et controversés :
 - Le projet GAP (*Great Anatolia development Project*) conduit par les autorités turques sur les hauts bassins du Tigre et de l'Euphrate qui impliquera dans sa configuration finale 22 barrages et 19 usines hydroélectriques en modifiant significativement le régime d'écoulement de l'eau pour les pays aval, Syrie et Irak (*Allan, 2001; Diop et Rekacewicz, 2003*).
 - L'aménagement de la vallée de la Narmada dans l'Ouest de l'Inde qui génère de nombreux conflits d'usagers¹³, mais aussi d'intérêts entre les Etats indiens riverains.

Le dessalement de l'eau de mer

L'utilisation de l'eau de mer¹⁴ pour pallier la pénurie d'eau douce s'est surtout développée dans les pays arabes désertiques du Moyen-Orient et du Golfe Arabo-Persique. Les diverses techniques de dessalement restent encore très coûteuses, ce qui limite la production d'eau douce à partir de l'eau de mer aux seuls usages des collectivités et surtout à celles qui sont suffisamment riches pour les financer. En Europe, certaines collectivités insulaires, aux Baléares par exemple, ont mis en place des installations de ce type pour faire face à la migration touristique estivale qui engendre une augmentation saisonnière de la demande en eau douce que les ressources locales ne peuvent plus assurer.

¹² Voir le site Internet : www.br.fr/SPIP/rubrique_sepalc_entete.php3

¹³ Voir le site Internet : www.narmada.org

¹⁴ Très souvent, les installations de dessalement ne prélèvent pas directement l'eau de mer, mais des eaux saumâtres, soit continentales, soit d'intrusions côtières.

Les pluies provoquées

Souvent évoquées comme une solution pour les régions agricoles qui manquent d'eau, la technique qui consiste à provoquer la précipitation d'un nuage au dessus d'une zone précise par insémination physique ou chimique (par avion ou par tir de fusées), n'est pas à proprement parler une ressource alternative. C'est plutôt un contrôle local de la précipitation : en effet l'eau déversé depuis le nuage inséminé ne retombera pas ailleurs, le volume de la ressource disponible restera le même et le bilan du cycle hydrologique ne sera pas notablement affecté. Cette technique, outre que sa réussite conserve encore une part d'aléa et que sa réalisation est parfois dangereuse, n'a de véritable intérêt que pour garantir une récolte ou pour pallier un manque d'eau agricole dans un lieu précis à un instant donné. Elle ne peut être considérée comme une ressource durable.

La question des grands barrages

Il existe environ 48 000 grands barrages dans le monde. La *Commission Internationale des Grands Barrages*¹⁵ définit un *grand barrage* de la manière suivante : soit plus de 15 mètres de haut, soit une hauteur supérieure à 5 mètres et un réservoir de plus de trois millions de m³. Près de la moitié de ces grands barrages est en Chine (Gleick et al., 2002) et c'est principalement en Asie que continuent d'être construits de très grands ouvrages (Figure 9). Dans les pays industrialisés occidentaux (Europe, Amérique du Nord), la presque totalité des sites exploitables est déjà équipé. Si de nombreux barrages ont des vocations multiples, on estime que plus de la moitié sont à vocation principalement agricole.

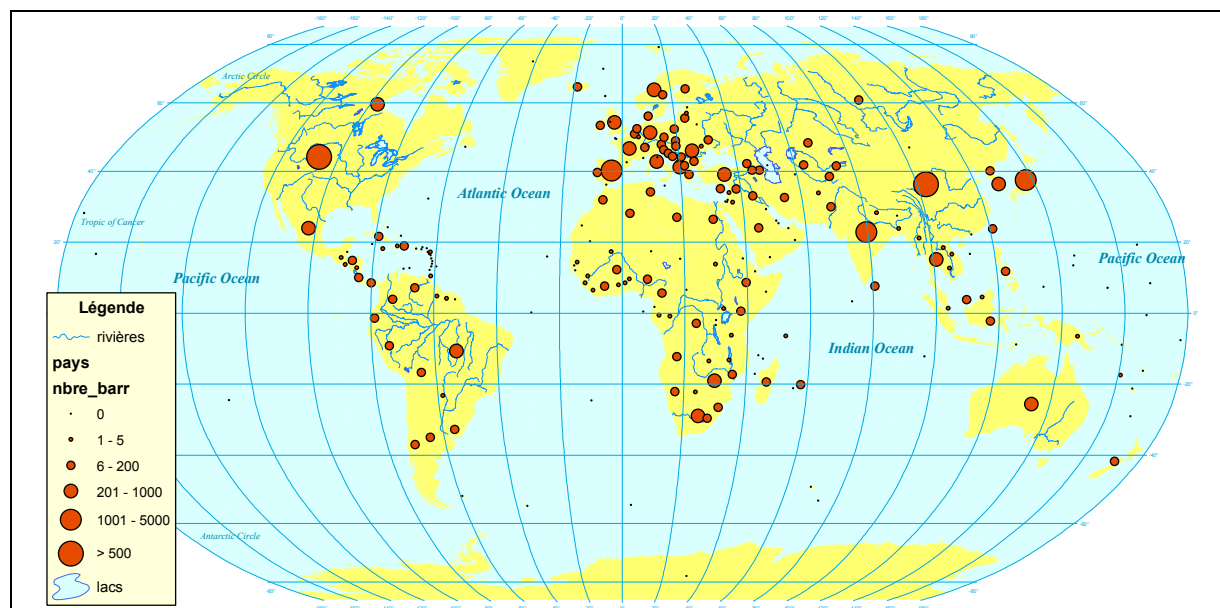


Figure 9 : Localisation des grands barrages dans le monde (en nombre par pays) - Source : World Commission on Dams (2000) – Fond de carte ESRI®.

Il existe un important débat à l'échelle internationale sur l'intérêt de ces très grands ouvrages (World Commission on Dams, 2000 ; Lacoste, 2001). Les principaux arguments de la discussion mettent face à face les avantages reconnus des usages en particulier agricoles et énergétiques avec un certain nombre de problèmes. Selon Pottinger (2000), les grands barrages existant sont à l'origine :

- Du déplacement de plus de 60 millions de personnes, la plupart très pauvres,
- De l'inondation d'environ 400 000 km² de terrains (équivalent à 73% de la superficie de la France), ayant souvent un bon potentiel agricole,
- De la dégradation des sols par des pratiques excessive de l'irrigation, qui conduit entre autre à une salinisation en surface,
- De l'augmentation des maladies liées à l'eau en milieu tropical (paludisme, bilharziose, schistosomiasis, etc.),

¹⁵ Voir le site Internet : www.dams.org

- D'une perte de la biodiversité en modifiant la continuité écologique des cours d'eau,
- D'un impact sur l'économie des pays les plus pauvres et en particulier sur leur dette, avec des projets coûteux et un faible retour financier ultérieur.

Il faut ajouter à cette liste le problème de la sédimentation qui fait que les barrages ne constituent pas toujours une solution durable à long terme.

Un cas intéressant est le débat généré par la construction du barrage des Trois Gorges sur le Yangtsé Kiang en Chine (*Sanjuan et Béreau, 2001*). Cet ouvrage, qui aura à son achèvement en 2009 la plus importante puissance hydroélectrique installée au monde, a d'abord fait l'objet d'une très longue réflexion nationale puisque l'aménagement de ce fleuve a commencé à être discuté dès le début du XX^{ème} Siècle. Comme souvent en Chine, les conséquences négatives pour les populations ou pour la sauvegarde des sites naturels et historiques envoyées atteignent le même gigantisme que les retours positifs attendus en terme de production énergétique, de rendement économique, d'amélioration de la navigation ou de redistribution des ressources en eau (*Bravard, 2001*). Mais le débat a largement débordé les frontières de la Chine à l'occasion d'un complexe montage technique et financier impliquant la participation de très nombreuses entreprises étrangères et de bailleurs de fonds internationaux qui *de facto* ont légitimé la démarche chinoise, y compris dans sa fonction de projet politique national structurant (*Sanjuan et Béreau, 2001*).

Pour conclure une section où l'on n'a fait qu'effleurer un sujet particulièrement complexe, on peut mentionner que certains scientifiques américains envisagent sérieusement la destruction de barrages existants dont l'impact environnemental et économique est jugé trop pénalisant (*Doyle et al., 2003*)

L'exemple de la Mer d'Aral

Souvent montré du doigt, mais malheureusement toujours d'actualité, le drame de la Mer d'Aral a été découvert par le monde occidental à l'occasion d'un article de la revue scientifique américaine *Science* peu de temps avant l'effondrement du système soviétique (*Micklin, 1988*).

La Mer d'Aral au centre de l'Asie est un lac naturel endoréique situé dans une zone à l'aridité prononcée entre les montagnes de l'Hindukuch, du Pamir et du Tien-Chan à l'est, et la Mer Caspienne à l'ouest (*Létolle and Mainguet, 1993*). Elle est alimentée par deux cours d'eau, l'Amou Darya au sud et le Syr Darya au nord, et son bassin versant concerne six pays dont cinq étaient des républiques soviétiques jusqu'en décembre 1991 : l'Afghanistan, le Kazakhstan, la Kirghizstan, l'Ouzbékistan, le Tadjikistan et le Turkménistan. Les choix productivistes du système soviétique avaient désigné ce bassin pour la construction d'un gigantesque système d'irrigation entièrement dévolu à la production de coton. En échange de cette monoculture les républiques concernées recevaient les moyens en hommes et en technologies pour mettre en œuvre le programme, ainsi que les flux économiques correspondant. Depuis la fin de l'ère soviétique, une partie des hommes et des techniques subsistent, mais les flux économiques ont été coupés.

Les grands travaux ont débuté dès les années 50 et leurs effets ont commencé à se faire sentir à partir du début des années 60. Les prélèvements et surtout les consommations par les surfaces irriguées, les canaux qui les alimentent et les collecteurs qui récupèrent les eaux de drainage ont été trop importants pour maintenir l'équilibre apports/évaporation de la Mer d'Aral et on a observé simultanément (Figure 10) : la diminution rapide du niveau, de la surface et du volume de la Mer et l'augmentation concomitante de la salinité.

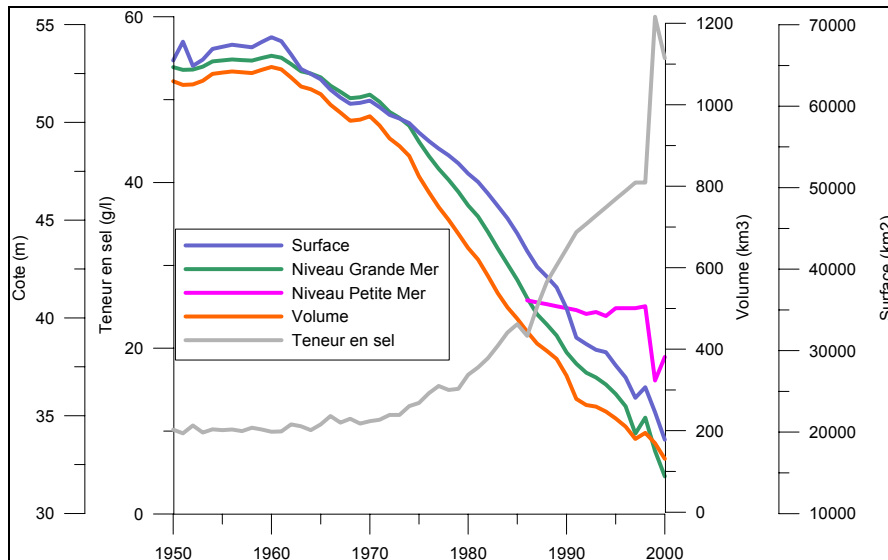


Figure 10 : Evolution de la surface, du niveau, du volume et de la teneur moyenne en sel de la Mer d'Aral entre 1950 et 2000. On note qu'à partir de 1986, une coupure s'est produite avec une Petite Mer au Nord et une Grande Mer au Sud - Source : *Dukhovny and Avakyan (2001)*.

Dès la fin des années 80, on s'est aperçu que le dommage n'affectait pas seulement un grand lac au milieu d'un désert, mais qu'il provoquait un enchaînement de phénomènes qui avaient des conséquences sur les hommes et leurs activités, ainsi que sur le milieu naturel et la biodiversité :

- Disparition complète des poissons et des activités économiques liées à la pêche,
- Salinisation dramatique des terres irriguées et des zones de rejet des eaux de drainage (lacs poubelles), puis dépôt salin par transport éolien sur toute la région,
- Problèmes de santé publique : affections respiratoires, stérilité des femmes, augmentation de la mortalité infantile,
- Disparition des activités traditionnelles de chasse (rat musqué, en particulier) et d'élevage (chameaux, chevaux) dans les deltas ;
- Destruction des roselières dans les zones humides qui constituaient des zones de repos et de nidification pour les oiseaux migrateurs au centre de l'Asie Centrale,
- Atteintes sévères aux forêts de saules et de tugaï, arbre caractéristique et emblématique des berges de rivières en Asie Centrale, qui puise directement dans la nappe affleurante et qui constitue un milieu privilégié pour certaines espèces animales. Etc.

A partir du milieu des années 90, l'aide internationale et de nombreux programmes de réhabilitation ont été entrepris pour venir en aide en priorité aux populations riveraines des deltas du nord et du sud. Une tentative collective de meilleure gestion des ressources en eau des deux fleuves, d'une part, et de réhabilitation des zones humides dans les deux deltas, d'autre part, est devenue un enjeu majeur dans les stratégies de coopération régionales et internationales (*Micklin, 2002*).

L'exploitation des réserves souterraines en Andhra Pradesh (Inde)

L'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation s'est considérablement développée au cours des vingt dernières années en Inde, tout particulièrement dans la région centrale du plateau du Dekkan, pauvre en grandes rivières et soumise aux aléas saisonniers de la mousson. Une cellule franco-indienne de recherche associant le BRGM et le NGRI¹⁶ étudie depuis 2000 cette situation et ses conséquences sur les ressources en eau et leur qualité. Sur le site expérimental de Maheshwaram à 35 km d'Hyderabad (Andhra Pradesh), le nombre de forages a été multiplié par plus de 10 au cours des dix dernières années (Figure 11). A l'échelle de l'Inde, on estime que le nombre de forages à vocation agricole est passé de moins d'un million en 1960 à plus de 19 millions en 2000 (*Maréchal et al., 2003*).

¹⁶ BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minière, organisme public de recherche français (www.brgm.fr) et NGRI : National Geophysical Research Institute, organisme public fédéral de recherche indien localisé à Hyderabad (www.ngri.org.in).

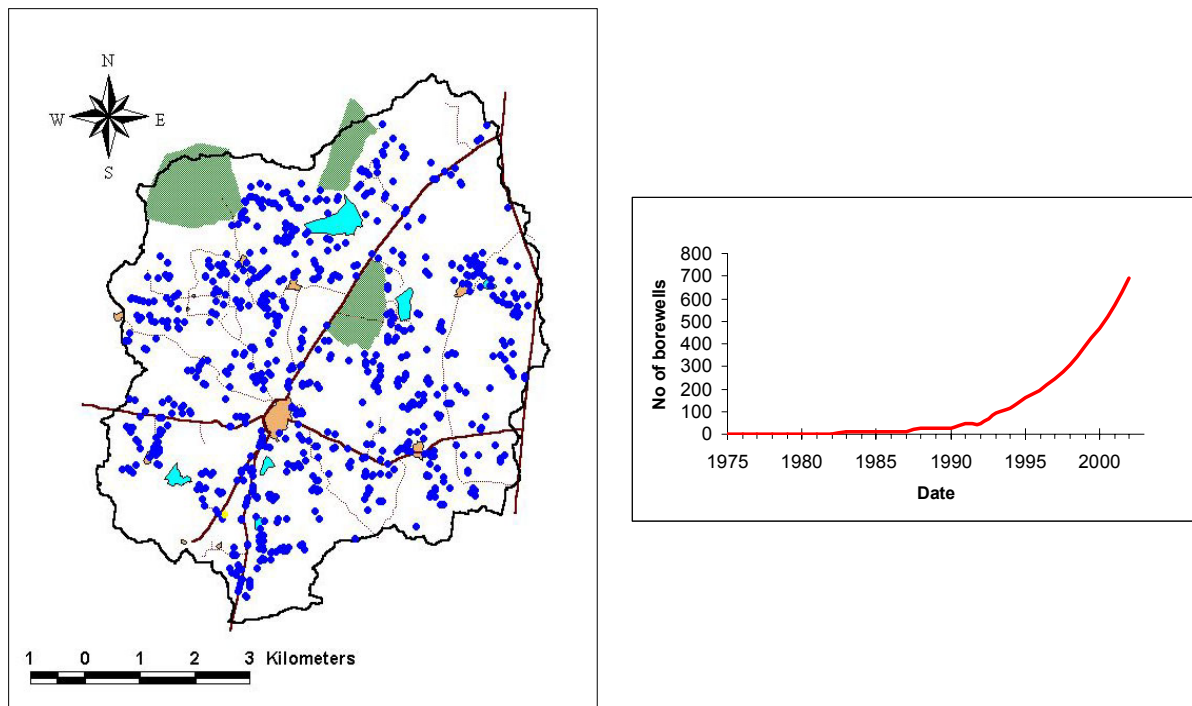


Figure 11 : Localisation des forages sur le bassin versant de Maheshwaram (Andhra Pradesh, Inde) et courbe de croissance du nombre de forage entre 1975 et 2003 – carte et graphique fournis par J.C. Maréchal, ©BRGM (2004).

La raison de cette explosion est à la fois technique et politique due à la distribution de l'énergie électrique partout à un faible coût pour l'utilisateur, d'une part, et aux subventions ou aux prêts bancaires à des taux très avantageux permettant l'achat de pompes, d'autre part. La conséquence de cet équipement à marche forcée est que le niveau de la nappe dans la région a baissé de 25 mètres en 20 ans. C'est-à-dire que l'on ne se trouve plus dans une situation d'exploitation *durable* de la ressource. Les précipitations efficaces ne peuvent plus équilibrer les prélèvements.

On se trouve ici devant un cas de figure caractéristique des difficultés de la mise en œuvre d'une démarche de développement durable. Les progrès techniques et les volontés d'améliorer les conditions de vie des sociétés, d'une part, et l'absence de gestion intégrée de la ressource, d'autre part, conduisent à la mise en œuvre de politiques de développement non durable qui se traduisent par une surexploitation des eaux souterraines et, *in fine*, à un appauvrissement de l'environnement. Dans ce cas particulier, les solutions étudiées passent principalement par deux voies (Lachassagne et Maréchal, *communic. orale*, 2004) :

- d'une part, l'augmentation de la ressource en réduisant les pertes par évaporation et en favorisant l'infiltration des eaux de ruissellement excédentaires en saison des pluies,
- d'autre part, la réduction de la demande ou, mieux encore, l'augmentation de la valeur ajoutée produite pour chaque mètre cube d'eau consommée, par exemple en promouvant des cultures moins consommatrices d'eau.

Dans la pratique cette méthode nécessite un important effort de concertation, de formation et d'encadrement, mais elle se résume parfois aussi à un contrôle autoritaire de la distribution électrique pour stopper des pompes qui fonctionnent de manière ininterrompue sans nécessité.

Conclusions

L'objectif de cette présentation était de présenter un certain nombre de connaissances permettant de se faire une idée assez précise de la situation des ressources en eau sur notre planète dans une vision de « développement durable ». Quelques exemples ont été donnés pour décrire des situations caractéristiques. Ils rappellent tous la pertinence des quatre principes établis en 1992 à l'occasion de la conférence mondiale sur l'eau et l'environnement de Dublin, illustrés par la Figure 12 :

1. *L'eau douce est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie, au développement et à l'environnement,*
2. *Le développement et la gestion de l'eau doivent être fondés sur la participation des utilisateurs, des planificateurs et des décideurs à tous les niveaux,*
3. *Les femmes jouent un rôle essentiel en ce qui concerne l'alimentation en eau, sa gestion et sa protection,*
4. *Quelle que soit la façon dont elle est utilisée, l'eau représente une valeur économique et devrait être reconnue comme constituant un bien économique.*

Le chemin à parcourir pour arriver à une approche « durable » des ressources en eau est encore particulièrement long et complexe. Il dépend surtout de la capacité des partenaires impliqués à dialoguer et à remettre en question des idées bien établies et tout particulièrement celle que l'eau est un don gratuit de la nature dont on peut user et abuser. Cette démarche est d'abord une approche locale à l'échelle du territoire ou du bassin versant, limites qui doivent souvent dépasser les frontières administratives ou politiques. Il n'y aura probablement pas de grande guerre de l'eau comme certains ont pu le dire ; mais, au cours du siècle qui s'ouvre, d'innombrables négociations et accords sur l'eau constitueront sans doute des enjeux majeurs pour la poursuite de notre humanité dans sa diversité.



Figure 12 : Extrait d'une affiche de sensibilisation des populations rurales diffusée par le Gouvernement de l'Etat d'Himachal Pradesh (Shimla, Inde) – photo ©IRD-P. Chevallier (2002)

Avertissement et remerciements

La matière de ce chapitre provient des cours que l'auteur donne depuis plusieurs années aux étudiants des Ecoles Doctorales en sciences de l'eau des Universités Montpellier II (Sciences et Techniques du Languedoc) et Paris VI – Jussieu (Pierre et Marie Curie). La présente rédaction a été une occasion de l'actualiser, de la compléter et de la remettre en forme.

Les documents, ouvrages, compilations, synthèses sur les ressources en eau sont très nombreux. Mais ils se réfèrent pratiquement tous pour ce qui est des valeurs chiffrées aux mêmes sources qui ne sont qu'en tout petit nombre. C'est la raison pour laquelle, on a préféré ici se rapporter aussi souvent que cela était possible directement à ces sources. Les mises en graphiques sont toutefois originales et ont été réalisées par l'auteur (sauf pour la Fig.10, aimablement fournie par le BRGM).

L'auteur remercie tout particulièrement Tony Allan (pour la Fig.1 et la réflexion qui l'accompagne), Victor Dukhovny et Philip Micklin (pour leur immense expérience des questions soulevées par le drame de la Mer d'Aral), Jean-Christophe Maréchal (pour sa connaissance des problèmes de l'exploitation de l'eau souterraine en Inde) et Michel Soulié (pour l'accès à ses documents et présentations). Ces remerciements vont aussi à Anne Coudrain, Jean Albergel, Patrick Lachassagne et Pierre Ribstein qui ont eu la gentillesse de relire et d'annoter le texte.

Bibliographie

Quelques sites et références Internet sont mentionnés dans le texte. Il est illusoire d'être exhaustif, ou même de fournir un guide des sites majeurs, tant ils sont nombreux et souvent spécialisés. Toutefois, le site www.waterweb.org rassemble un très grand nombre de liens parmi lesquels le lecteur curieux devrait pouvoir trouver des réponses à ses questions.

Parmi les ouvrages en relation avec le sujet, on peut mentionner :

Allan J.A., 2001. The Middle East water question: hydrogeopolitics and the global economy. I. B. Tauris & Co Ltd, London, New York, 382 pp.

Barbault R. et al., 2002. Johannesburg. Sommet Mondial de Développement Durable. Quels enjeux? Quelle contribution des scientifiques? Ministère des Affaires Etrangères - ADPF, Paris, 185 pp.

Bravard J.-P., 2001. Un enjeu hydrogéopolitique et environnemental majeur pour la Chine : le transfert Sud-Nord. *Hérodote*(102): 57-71.

Cosgrove W.J. and Rijsberman, F.R., 2000. World water vision. Making water everybody's business. Earthscan Publications, World Water Council, London, 108 + CD Rom pp.

Diop S. and Rekacewicz, P., 2003. Atlas Mondial de l'Eau. Autrement, UNEP GRID Arendal, Le Mémorial de Caen, Paris, 72 pp.

Doyle, M.W., Stanley, E.H., Harbor, J.M. and Grant, G.S., 2003. Dam removal in the United States: emerging needs for science and policy. *EOS, transactions, American Geophysical Union*, 84(4 - 28/01/2003): 29;31-32.

Dukhovny, V. and Avakyan, I., 2001. Assessment of the social-economic damage under the influence of the Aral Sea level lower. INTAS - RFBR 1733 Project with participation of NATO Project SFP 974357. Final Report, SIC ICWC, Vienna, Moscow, Amersfoort, Tashkent.

FAO, 2003. Review of world water resources by country. Water Reports 23. FAO, Rome, 111 pp.

Gleick, P.H. et al., 2002. The World's water. The biennial report on freshwater resources. Island Press, Washington, Covelo, London, 334 pp.

IPCC, 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, 944 pp.

Kandel R., 1998. Les eaux du ciel. Hachette Editions, Paris, 336 pp.

Lacoste Y., 2001. Géopolitique de l'eau. *Hérodote*(102): 2-18.

Létolle R. and Mainguet M.M., 1993. Aral. Springer-Verlag France, Paris, 358 pp.

Maréchal J.C., Galeazzi, L., Dewandel, B. and Ahmed, S., 2003. Importance of irrigation return flow on the groundwater budget of a rural basin in India. In: E. Servat, W. Najem, C. Leduc and S. Ahmed (Editors), Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions. IAHS Publ. no 278. IAHS, Montpellier, pp. 62-67.

Micklin P.P., 1988. Desiccation of the Aral Sea: a water management disaster in the Soviet Union. *Science*, 241(2 September 1988): 1170-1176.

Micklin P.P., 2002. Water in the Aral Sea Basin of Central Asia: cause of conflict or cooperation. *Eurasian Geography and Economics*, 43(7): 505-5028.

Ministère de la Recherche et des Nouvelles Technologies, 2002. La science au service d'un développement durable. Contribution des organismes publics de recherche français au Sommet Mondial du développement durable de Johannesburg 2002. Ministère de la Recherche et des Nouvelles Technologies, Paris, 112 pp.

Pottinger L., 2000. International Rivers Network: working to protect rivers from inappropriate large dams. *Int.J.Water*, 1(1): 145-150.

Revenga C., Nackoney J., Hoshino E., Kura Y. and Maidens J., 2003. Watersheds of the world. IUCN, IWMI, Ramsar, World Resources Institute, Washington.

Sanjuan T. and Béreau R., 2001. Le barrage des Trois Gorges. Entre pouvoir d'Etat, gigantisme technique et incidences régionales. *Hérodote*(102): 19-55.

Shiklomanov I.A., 1998. World Water Resources. A new appraisal and assessment for the 21st Century. UNESCO, Paris, 38 pp.

WMO, 1998. Inventaire exhaustif des ressources mondiales en eau douce, 33 pp.

World Commission on Dams, 2000. Dams and development: a new framework for decision making. Earthscan Publication Ltd, Capetown, 367 pp.

Chevallier Pierre.

Les ressources en eau.

In : Malet E.H. (dir.). Pour que revive la planète.

Passages, 2004, 140-141 (édition spéciale 1), p. 37-57.

ISSN 0987-8505