

## CHAPITRE 6

# RESSOURCES ET USAGES DE L'EAU : UN DÉFI POUR LE DÉVELOPPEMENT

**Jacques CLAUDE**

*Hydrologue\**

La fin du XX<sup>e</sup> siècle et le début du troisième millénaire voient se poser avec de plus en plus d'acuité la question de la limitation des ressources en eau et tout spécialement dans les régions arides, soumises à des sécheresses récurrentes, où la rareté des ressources conditionne le développement socio-économique.

Il faut attendre les années 70 (Conférence de Mar del Plata, 1977) pour que la prise de conscience d'un risque de pénurie en eau fasse place à l'exploitation sans limites et au peu de précautions apportées à une utilisation massive de l'eau et conduite à mettre en place des stratégies de gestion intégrée des ressources naturelles. Les instances internationales et les conventions qu'elles ont fait adopter au niveau mondial (Agenda 21 de la CNUCED-Rio 1992, Convention internationale pour combattre la désertification 1994, Conférence mondiale sur l'eau, Paris 1998) ont largement contribué à ce mouvement.

Ces conventions et conférences, en plus d'une prise de conscience planétaire, visent à promouvoir des programmes d'action à long terme

---

\* Directeur de recherche à l'IRD (Institut de recherche pour le développement).

pour lutter contre les dégradations de l'environnement ; une priorité est accordée aux programmes d'action dans les pays en développement, organisés selon une démarche « de bas en haut » prévoyant l'association et la participation active des populations locales concernées. L'efficacité de telles actions repose sur une gestion intégrée des ressources naturelles, parmi lesquelles l'eau tient une place à part, tout autant que sur le montant des sommes investies.

Un panorama des ressources disponibles, et des risques de pénurie, permettra de mieux comprendre comment la gestion intégrée de la ressource doit s'adapter aux usages que l'on en fait.

La situation de la Tunisie dans le domaine des ressources en eau, de même qu'un exemple d'approche intégrée sur les usages de l'eau dans le bassin versant de l'Oued Merguellil, illustreront la mise en œuvre de ces actions à l'échelle locale.

### **L'EAU : UNE RESSOURCE INÉGALEMENT RÉPARTIE ET PEU UTILISABLE MALGRÉ DES STOCKS IMPORTANTS**

Le stock d'eau sur la planète est énorme, 1340 millions de milliards de m<sup>3</sup>, mais seulement moins de 3 % de ce stock est constitué d'eau douce ; sur ces 40 millions de km<sup>3</sup> d'eau douce, seulement 0,26 % sont facilement exploitables pour les usages humains (1 km<sup>3</sup> = 1 milliard m<sup>3</sup>). Le tableau 1 montre que la différence entre les précipitations et l'évaporation sur les terres émergées, compensée par une différence inverse au-dessus des océans, permet l'écoulement des eaux en surface, lequel écoulement constitue l'essentiel des ressources en eau renouvelables. Cette eau « mobile » représente annuellement environ le millième du stock d'eau douce, sa mise en mouvement est totalement dépendante des régimes météorologiques et sa répartition géographique est donc extrêmement hétérogène. Aussi, malgré l'omniprésence de l'eau à la surface de la planète bleue, on peut affirmer que l'eau douce est une ressource rare, peu mobile et inégalement répartie.

## RESSOURCES ET USAGES DE L'EAU

Les ressources en eau douce renouvelables sont estimées à 42600 km<sup>3</sup>/an en moyenne, ce qui donnait une disponibilité théorique de 17000 m<sup>3</sup> par an et par habitant de la planète en 1950, de 7600 m<sup>3</sup>/h/an en 1990 et probablement autour de 5000m<sup>3</sup>/h/an en 2025, chiffres que l'on peut comparer aux prélèvements totaux estimés ou projetés : 1365 km<sup>3</sup>, soit 547 m<sup>3</sup>/h/an en 1950, 3580 km<sup>3</sup>, soit 691 m<sup>3</sup>/h/an en 1990 et 5187 km<sup>3</sup>, soit 626 m<sup>3</sup>/h/an prévus en 2025 (Shiklomanov, 1995). Près de 90 % des eaux douces renouvelables retournent donc à la mer sans être utilisées, mais on estime que 54 % des eaux douces, raisonnablement disponibles pour les usages humains, sont déjà appropriées (WMO, 1996).

TABLEAU 1: RÉSERVES ET FLUX D'EAU SUR LA PLANÈTE TERRE

<b>RÉSERVES</b>	<b>Vol. 10<sup>6</sup> km<sup>3</sup></b>	<b>Surf. 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup></b>	<b>Profondeur ou Lames d'eau</b>
<i>Océans</i>	<b>1300</b>	<b>350</b>	<b>3700 m</b>
<i>Eaux douces, dont :</i>	<b>40</b>	<b>150</b>	<b>270 m</b>
Atmosphère	0,014	500	0,0028 m
Glaciers	30	15	2140 m
Eau liquide	<b>10</b>	<b>150</b>	<b>67 m</b>
Eaux souterraines	9,85	"	66 m
Lacs et réservoirs	0,12	"	0,8 m
Cours d'eau	0,013	"	0,08 m
Humidité des sols	0,024	"	0,16 m
<b>Réserves totales</b>	<b>1340</b>	<b>500</b>	<b>2680 m</b>
<b>FLUX ANNUELS</b>	<b>Vol. 10<sup>6</sup> km<sup>3</sup></b>	<b>Surf. 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup></b>	<b>Lames d'eau (mm)</b>
<i>Sur les terres :</i>			
Précipitations	0,11	150	730
Évaporation	0,07	"	470
Écoulements	0,04	"	260
<i>Sur les Océans :</i>			
Précipitations	0,31	350	880
Évaporation	0,35	"	1000

Source : Extrait d'un rapport anonyme de l'OMS, 1993

Le programme *Population et Environnement*, conduit par l'association « *Population Action International* », a publié, en 1993, une estimation des volumes d'eau douce théoriquement disponibles par habitant, dans 149 pays et à trois dates différentes : 1955, 1990 et 2025 selon trois hypothèses d'accroissement de la population. Ce rapport estime qu'il y a pénurie d'eau dans un pays, lorsqu'il dispose de moins de 1000 m<sup>3</sup>/h/an et qu'il y a problème de raréfaction de l'eau, dès que l'on passe sous le seuil de 1700 m<sup>3</sup>/h/an. Selon ces critères, seuls sept pays manquaient d'eau en 1955 ; ces pays, faiblement peuplés, étaient tous sous climat aride ou hyper-aride. En 1990, il faut ajouter treize pays à cette liste, dont sept pays africains, parmi lesquels, quatre sont situés sous climat sub-humide (Kenya, Burundi, Rwanda, Malawi).

En 2025, 33 pays seront sous le seuil des 1000 m<sup>3</sup>/h/an, dont presque tous les pays du Moyen Orient, une majorité de pays africains, et 12 autres pays seront confrontés à des ressources inférieures à 1700 m<sup>3</sup>/h/an, dont de très grands pays comme l'Inde et quelques pays industrialisés d'Europe comme la Belgique ou la Pologne.

Le tableau 2, qui indique la répartition des ressources par continent, et pour quelques grandes régions, masque de grandes disparités régionales, particulièrement dans les grands pays comme le Brésil ou la Chine qui restent globalement bien pourvus en eau douce, alors que de vastes régions de leur territoire connaissent des problèmes d'aridité et de dégradation. À l'inverse, certains pays, traversés par des fleuves importants, peuvent paraître à l'abri des pénuries d'eau, mais sont totalement dépendants des autres pays riverains pour la réelle disponibilité de cette eau : ainsi, quatre des neuf pays qui se partagent le bassin versant du Nil sont au-dessus du seuil des 2000 m<sup>3</sup>/h/an en 1990, alors que la moyenne calculée pour la population totale occupant le bassin versant est de 1449 m<sup>3</sup>/h/an seulement.

TABLEAU 2: RÉPARTITION DES RESSOURCES EN EAU DOUCE RENEUVELABLES PAR CONTINENTS ET RÉGIONS

Continent, région	Surf. 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup>	Pop. 10 <sup>6</sup> h (1994)	Res. en eau 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /an	Disponibilités en eau 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	
			Ress. locales	/ km <sup>2</sup>	/ hab.
Europe	10,45	685	2900	278	4,24
Amérique du Nord	24,3	447,8	7770	320	17,0
Amérique du Sud	17,9	314,5	12030	674	38
Asie	43,5	3403	13508	310	3,96
Afrique Centrale	30,1	708,3	4047	134	5,7
Australie	7,68	17,9	352	45,8	19,7
Océanie	1,27	10,8	2050	1620	190
Total des continents	135	5580	42655	316	7,6

Source : Shiklomanov I., 1995.

Ces calculs globaux ont pour seul intérêt, celui de fixer des ordres de grandeur et d'indiquer où vont se concentrer les problèmes ; au niveau local, ils ne renseignent pas sur la réelle disponibilité de la ressource en eau, ni surtout sur la répartition possible entre les différents usages.

### *L'aridité et la dégradation des ressources naturelles*

La ressource en eau n'est pas directement productive; l'eau est, en effet, un élément abiotique mais elle constitue à la fois le milieu et le vecteur indispensables à toute activité biologique. L'eau est donc indispensable pour développer et exploiter toutes les autres ressources naturelles, et sa gestion ne peut se concevoir que sous une approche globale du développement économique, surtout dans les régions et pays où ces ressources sont rares et dégradées.

À l'occasion de la CNUCED (Rio, 1992), un recensement de l'utilisation des terres et des menaces de dégradation a été préparé par l'UNEP. La principale dégradation est la désertification qui sévit dans les régions sèches. Il apparaît que les régions sèches (qui sont définies comme celles où le rapport entre la pluie annuelle et l'évapotranspiration potentielle est inférieur à 0,65), occupent actuellement 5200 millions d'hectares, soit un tiers des terres émergées, sur lesquels vivent 900 millions d'habitants soit 18 % de la population mondiale.

- Les terres de cultures irriguées occupent 145,5 Mha, dont :  
43 Mha sont dégradés, soit 30 %,
- Les terres de culture pluviale occupent 457,7 Mha, dont :  
215 Mha sont dégradés, soit 47 %,
- Les terres de parcours et jachères occupent : 4556 Mh, dont :  
3333 Mha sont dégradés, soit 73 %.

Ce sont l'Afrique et l'Asie qui présentent les plus grandes étendues de zones arides et semi-arides, et les plus fortes proportions de terres dégradées. C'est dans ces régions, où l'accroissement de la

population est le plus rapide, qu'il faudra augmenter les productions agricoles en intensifiant les systèmes de production, notamment par l'accélération des cultures irriguées ; on mesure donc l'importance de la dégradation des terres irriguées car elle touche les terres les plus productives, même si elle demeure relativement limitée en superficie.

### *Les usages de l'eau et les aménagements*

Les activités consommatrices d'eau sont traditionnellement classées en trois secteurs d'usagers, à l'échelle mondiale les consommations se répartissent ainsi :

- l'agriculture : 69 % des prélèvements à l'échelle mondiale,
- l'industrie : 21 % des prélèvements dont plus de 80 % sont restitués en eaux usées,
- la consommation humaine : 9 % incluant une grande variété d'activités comme le tourisme;

### *Des besoins croissant plus vite que la population*

Les besoins en eau de chaque catégorie d'usagers peuvent être classés et subdivisés en fonction de la qualité de l'eau requise, de la saison où elle doit être disponible, des lieux et des surfaces où il faut la distribuer, mais quel qu'en soit l'usage, il faut faire la distinction entre l'eau prélevée et l'eau réellement consommée ; ainsi, Shiklomanov. (1995) estime les prélèvements et consommations suivantes :

TABLEAU 3 : PRÉLÈVEMENTS ET CONSOMMATIONS

en km3		Agriculture	Industrie	Domestique	Pop. en millions
<b>Eau prélevée</b>	1950	1124	182	52,6	2493
	2000	2595	748	386	5964
	2025	3162	1106	645	8284
<b>Eau consommée</b>	1950	856	14,4	13,8	-
	2000	1996	86,7	61,6	
	2025	2377	146	80,9	

Source : Shiklomanov, 1995.

Cette répartition est éminemment variable selon les régions climatiques et le degré de développement des pays. L'agriculture est partout le plus gros consommateur, et le restera de par l'augmentation des cultures irriguées qui est le seul moyen d'intensifier la production agro-alimentaire dans la majorité des pays en développement ; dans les zones arides et semi-arides, l'agriculture mobilise jusqu'à 80 % des ressources en eau douce. Cependant, de grands progrès restent à accomplir dans la conduite des cultures irriguées, pour en atténuer les effets secondaires néfastes : surconsommation d'eau, salinisation des sols, drainage des pesticides et engrais...

L'industrie, dont la part atteint 50 % dans les pays les plus développés, verra sa part relative se réduire malgré des prélèvements en forte augmentation dans les pays émergents. Les industries les plus polluantes doivent consacrer une attention croissante au traitement de leurs rejets. Des sanctions dissuasives doivent être appliquées aux pollueurs réticents à se préoccuper de la qualité de l'environnement.

La consommation domestique est appelée à une augmentation plus forte que l'augmentation de la population, du fait de l'élévation du niveau de vie et de l'urbanisation dans de nombreux pays en développement. L'alimentation en eau potable et l'assainissement des eaux usées doivent être une priorité, car c'est la base de l'amélioration des conditions de vie dans tous les pays en développement, et il ne faut pas oublier qu'aujourd'hui encore, près de



2,5 milliards d'hommes n'ont pas accès à l'eau potable, et, malgré le bilan impressionnant de la Décennie de l'eau potable et de l'assainissement (DPEA 1980-90)<sup>37</sup>, la Conférence de Paris (1998) a estimé qu'il faudrait encore dépenser 400 à 600 milliards de dollars d'ici à 2010 pour satisfaire les besoins en eau potable de l'humanité.

### *Des aménagements nécessaires mais parfois néfastes*

Dans la grande majorité des situations, l'utilisation de l'eau nécessite des ouvrages d'aménagement spécifiques des étapes d'un processus qui, de l'amont vers l'aval, comporte : le captage, le stockage, le transport, le traitement, la distribution, la collecte et le traitement des eaux usées, leur recyclage éventuel et leur restitution dans le cycle hydrologique « naturel ». Chacun de ces aménagements doit être adapté à un ou plusieurs usages spécifiques et au volume d'eau qu'il traite, tout en s'intégrant au mieux dans un environnement qu'il modifie immanquablement.

Le tableau 3 montre également que, près de 1800 milliards de m<sup>3</sup> d'eau par an sont rejetés dans les cours d'eau et les nappes après utilisation, c'est-à-dire après pollution ou à tout le moins dégradation de la qualité. Prélèvements et rejets se font à l'intérieur de systèmes hydrologiques, parfois interconnectés, mais le plus souvent inscrits dans les limites physiques d'un bassin versant.

Nous ne ferons pas, ici, l'inventaire de tous les aménagements possibles à l'intérieur d'un bassin versant, ni une revue des « désastres écologiques » provoqués par des ouvrages hydrauliques, conçus pour maîtriser des volumes d'eau sans se préoccuper des impacts d'une modification des régimes d'écoulement naturels : Du

---

<sup>37</sup> La DEPA, décidée par l'ONU, avait pour objectif d'équiper les zones rurales pour fournir 50 l/j/h d'eau potable à partir de points d'eau distants de moins de 2 km des habitations desservies. En dix ans, 1,3 milliard de personnes ont ainsi été approvisionnées, mais dans le même temps, 900 millions d'êtres humains supplémentaires sont venus peupler des zones, principalement urbaines, dépourvues d'eau potable.

barrage d'Assouan à la Mer d'Aral, tout le monde connaît les effets négatifs des ouvrages pharaoniques qui provoquent des mouvements d'opinion pour leur abandon. Sans relancer une polémique inutile, nous rappellerons que de petites installations peuvent être plus difficiles à contrôler (emploi du mercure pour l'orpaillage, lavage de minerais à l'amont des bassins versants) et que c'est dans les grands fleuves qu'il y a le plus d'eau ; on ne peut donc concevoir des plans de développement sans utiliser les énormes ressources en eau, qui ne font souvent que traverser les pays.

Plus positivement, il faut considérer que les seuls investissements hydrauliques sont insuffisants pour assurer le succès des aménagements, quelle que soit leur taille, et qu'il faut consacrer des sommes au moins égales à la prévention des effets secondaires et à l'entretien des aménagements : C'est une perspective que les grands bailleurs de fonds adoptent de plus en plus souvent.

### LES STRATÉGIES D'AMÉNAGEMENT ET DE GESTION DE L'EAU

La gestion intégrée des ressources en eau ne peut se concevoir indépendamment d'un aménagement global des ressources naturelles et des espaces où elles sont exploitées. Cela nécessite l'élaboration de stratégies aux échelles locales, nationales et régionales, dont l'objectif général sera de :

« Répartir la ressource en eau de façon rationnelle et équitable entre les différents usagers, cette répartition se faisant par des choix et arbitrages permettant de gérer les demandes en fonction des possibilités d'allocation de la ressource ».

et dont les objectifs spécifiques peuvent se décliner, selon les situations suivantes :

- Augmenter la disponibilité de la ressource en eau, sans pour autant compromettre les besoins à long terme ;

- Améliorer la répartition spatiale et temporelle de l'eau : ouvrages de stockage en surface ou souterrains, transferts par canaux et conduites, etc. ;
- Sécuriser le renouvellement de la ressource, surtout pour les eaux souterraines ;
- Préserver la qualité physico-chimique et biologique des eaux naturelles ;
- Conserver la fertilité des sols, spécialement des sols irrigués : éviter la salinisation et l'accumulation de polluants dans les sols, maintenir un taux suffisant de matière organique ;
- Protéger les infrastructures et aménagements ;
- Récupérer, assainir et réutiliser les eaux usées.

Les décideurs disposent pour cela d'un arsenal technologique dont l'efficacité se heurte à des obstacles environnementaux (aléas climatiques, aridité et sécheresses, inégale répartition spatio-temporelle des ressources...) mais aussi, et surtout, à des contraintes socio-économiques beaucoup plus difficiles à lever que les contraintes géographiques et techniques. Évoquons parmi celles-ci :

*Le problème démographique :* Bien que toutes les projections démographiques annoncent une transition sous-exponentielle de la croissance des populations, il ne faut pas perdre de vue que des ressources renouvelables limitées, comme l'eau, devront être partagées entre un nombre de plus en plus grand d'utilisateurs ; l'exemple cité plus haut de l'annihilation d'une grande partie des efforts liés à la DEPA par l'accumulation de populations pauvres dans les zones urbaines, qui, de plus, se concentrent sur les franges littorales des continents, montre qu'une croissance démographique forte dans des pays pauvres, rend vite inefficace la course aux équipements et oblige à repenser les politiques sociales, autrement qu'avec une règle à calcul.

*Les conditions de vie, santé et éducation :* Ces contraintes sont directement liées aux précédentes, et s'il est évident que l'accès à l'eau potable et à l'assainissement améliore les conditions de vie et de santé, il est tout aussi évident que le développement économique a

besoin de travailleurs en bonne santé et instruits. Le point de départ du cercle vertueux du développement durable est donc bien l'accès de tous à la santé et à l'éducation.

*L'accès aux ressources et les problèmes fonciers* : Associer et faire participer les populations à la gestion et à l'aménagement de leurs ressources suppose que ces populations y trouvent un intérêt, et donc, qu'elles contrôlent l'accès à ces ressources et à leur utilisation ; de même, l'usufruit des investissements qu'elles réalisent doit leur être garanti. Dans bien des cas, cette condition nécessaire n'est pas remplie et les problèmes fonciers, qui voient souvent s'opposer un droit coutumier ou droit d'usage à une conception « moderniste » ou « libérale » (qui traite les ressources naturelles comme un capital à exploiter et à rentabiliser), déterminent l'accès aux ressources, de façon souvent très inégalitaire. Un large espace de négociations doit être aménagé entre les décideurs (états, bailleurs) et les utilisateurs locaux, « foncier, décentralisation et participation deviennent ainsi inséparables » (Thébaud B., Toulmin C., 1994)

*Le coût et le prix de l'eau* : Le principe de faire payer l'eau aux utilisateurs est maintenant admis et mis en pratique dans tous les projets d'aménagement. C'est la meilleure façon d'éviter les gaspillages et l'accaparement par les riverains immédiats, mais la détermination d'un prix raisonnable et cohérent est difficile, et doit résulter d'un compromis entre le maintien de coûts de production compétitifs et la rentabilité des aménagements hydrauliques. Dans bien des cas, le prix payé par l'utilisateur ne représente que le coût de fonctionnement et de maintenance des installations, et rarement l'amortissement des investissements. Dans certaines situations particulières, telles que les grands aquifères fossiles sub-sahariens, une valeur intrinsèque de l'eau doit être considérée, comme pour les ressources minérales et pétrolières.

*La disponibilité et le coût de l'énergie* : À tous les stades de l'utilisation et de l'aménagement des ressources en eau, la disponibilité de sources d'énergie conditionne l'efficacité des technologies mises en œuvre (forages, captages, pompes, distribution, épuration...). Le coût de l'énergie conditionne le coût de l'eau, et, dans les pays en développement, il faut envisager le recours

massif aux énergies renouvelables pour faire baisser le coût de l'énergie, en rendant compétitives des techniques aujourd'hui encore trop onéreuses, comme le dessalement des eaux saumâtres.

*La capacité d'investissement et la rentabilité des aménagements* : la baisse généralisée des produits agro-alimentaires (depuis plusieurs décennies), et la faible capacité financière des collectivités de base, entraînent les États et les bailleurs de fonds à investir dans les aménagements hydro-agricoles en recherchant des productions à haute valeur marchande (fruits, primeurs), souvent au détriment de productions vivrières moins rentables. La question de l'appropriation des moyens de production et du contrôle des prix du marché apparaît tout aussi cruciale que celle du foncier et de l'accès aux ressources.

### *La situation de la Tunisie*

Il est intéressant de rappeler que la Tunisie est, depuis longtemps, confrontée au problème de la raréfaction des ressources en eau. Elle est située très bas dans le classement des pays en fonction de la disponibilité en eau par habitant qui est passée de 1366 m<sup>3</sup>/an/hab. en 1955 (pour une population de 3,86 Mhab), à 450 m<sup>3</sup>/an/hab en 1995 (pour 9,15 Mhab.) ; la baisse prévue pour 2030 devrait ramener le volume disponible à 315 m<sup>3</sup>/an/hab pour 13 millions de citoyens.

Le potentiel des eaux renouvelables est estimé à 4670 millions de m<sup>3</sup>, répartis en 2800 Mm<sup>3</sup> d'eaux de surface et 1870 Mm<sup>3</sup> d'eaux souterraines. Avec l'achèvement de la mise en œuvre de la stratégie nationale de mobilisation des eaux vers 2010, les infrastructures hydrauliques porteront le potentiel d'exploitation des eaux de surface à 2100 Mm<sup>3</sup> et celui des eaux souterraines à 1800 Mm<sup>3</sup>, c'est-à-dire la totalité des ressources économiquement accessibles (sources : MEAT, 1993). Il est donc clair que la satisfaction des besoins en eau, de plus en plus concentrés sur les zones côtières, pour une agriculture irriguée à grande échelle, pour la consommation des villes et des zones touristiques, ainsi que pour de nombreuses industries de transformation, pourra être assurée seulement par une politique de gestion rigoureuse.

## CHAPITRE 6

Le tableau 4, extrait du rapport *EAU 21* du ministère de l'Agriculture (1998), fixe les objectifs de cette politique à travers quelques indicateurs.

**TABLEAU 4: ÉVOLUTION DE CERTAINS INDICATEURS D'UTILISATION DE L'EAU EN TUNISIE ENTRE 1996 ET 2030**

INDICATEURS	1996	2030
Population de la Tunisie (en 1000 hab.) pour un taux d'accroissement de 1 % l'an	9170	13000
Ressources en eau renouvelables (en millions de m <sup>3</sup> par an)	4670	4670
Volume mobilisé (en millions de m <sup>3</sup> par an)	3100	3800
Volume exploitable (en millions de m <sup>3</sup> par an)	2647	2732
Demande totale en eau (en millions de m <sup>3</sup> par an)	2500	2800
Demande en eau d'irrigation (en millions de m <sup>3</sup> par an)	2100	2000
Surfaces irriguées (en 1000 ha)	335	470
Demande en eau à l'hectare irrigué (en m <sup>3</sup> /ha)	6300	4300
Demande en eau potable (en millions de m <sup>3</sup> par an)	290	490
Demande en eau industrielle (en Millions de m <sup>3</sup> par an)	100	200
Demande en eau touristique (en Millions de m <sup>3</sup> par an)	20	40
Volume d'eau disponible par habitant (en m <sup>3</sup> /an/hab.)	450	315
Demande en eau totale par habitant (en m <sup>3</sup> /an/hab.)	273	215
Demande en eau potable (en litres/jour/hab.)	87	103

On constate que les plus grandes économies d'eau seront recherchées sur la demande en eau pour l'irrigation ; on estime, en effet, qu'à l'heure actuelle, l'efficacité des systèmes d'irrigation ne dépasse pas 60 %, et qu'il est possible, d'une part d'améliorer les doses d'irrigation au pied des plantes, et d'autre part, de limiter les pertes entre le captage ou le stockage et l'arrivée de l'eau à la parcelle. En faisant baisser de 30 % la dose d'irrigation moyenne à l'hectare, il serait possible de satisfaire tous les autres usages de l'eau, y compris ceux qui sont souvent désignés comme des sur-consommateurs à l'exemple du tourisme.

### *La gestion intégrée de l'eau*

C'est à l'échelle du bassin versant, que s'expriment les compétitions pour l'accès à l'eau, que se font les prélèvements, les transferts et les rejets, de même que doivent donc être conçus et gérés les systèmes de régulation et de gestion de la ressource en eau.

### *Gestion de systèmes d'eau complexes*

La pression croissante sur les ressources en eau conduit à la construction de nombreux aménagements sur les bassins versants, qui transforment les écoulements naturels en ressources exploitables et les transfèrent sur les lieux d'utilisation. On voit donc s'édifier des systèmes d'eau complexes, exploitant et mélangeant des eaux de diverses origines, et dont la gestion ne peut plus se faire au niveau de chaque aménagement isolé mais sur l'ensemble du bassin versant, afin de pouvoir réguler au mieux, dans le temps et l'espace, l'offre en fonction de la demande. Mais, le fonctionnement de tels systèmes, gérés par des outils informatiques basés sur la modélisation, est soumis à de nombreux aléas et perturbations, principalement :

- Climatiques : le cycle de l'eau reste très dépendant du climat, et en particulier, des sécheresses récurrentes qui fragilisent les systèmes d'exploitation ;
- Anthropiques : l'aménagement de l'espace, l'occupation des sols et les rejets des eaux utilisées modifient le régime naturel des écoulements, et donc, les paramètres des modèles.

L'enjeu actuel de la gestion « physique » de ces systèmes complexes consiste à analyser des scénarios qui prennent en compte un maximum de paramètres « incertains », plutôt que d'établir des prévisions à plus ou moins long terme.

### *Confrontation des acteurs : stratégies des usagers, capacités des fournisseurs et gestionnaires, politiques de régulation*

La seule gestion « physique » des systèmes d'eau n'est plus suffisante, et, avec l'avènement de programmes de développement participatifs, les anciens systèmes de gestion étatiques très centralisés tendent de plus en plus à se transformer en lieux d'arbitrages, où se confrontent trois catégories d'acteurs :

- les usagers, dont les stratégies de production doivent tenir compte de la limitation des ressources et de la nécessité de faire des économies. Nous avons déjà souligné l'inégalité des usagers pour l'accès à la ressource et la place que tient l'agriculture irriguée dans la consommation des pays en développement ; c'est sûrement là, que doivent être faites les économies majeures, mais il faut se garder d'un arbitrage strictement économique qui risquerait d'asphyxier nombre de petits producteurs ;
- les gestionnaires des aménagements qui sont généralement des agences gouvernementales, mais aussi, fréquemment des collectifs d'usagers ou des mandataires de collectivités ;
- les décideurs et planificateurs incarnés par les pouvoirs publics qui conservent le pouvoir régalien de la législation et de la réglementation, mais aussi, qui définissent les politiques à long terme, donnent les orientations économiques et sociales où s'inscriront les stratégies des acteurs, assument le financement des aménagements ainsi que leur amortissement et leur maintenance.

Il n'est plus possible d'effectuer le partage des ressources par une simple allocation sectorielle plus ou moins proportionnelle à la demande. La demande, tout comme l'offre, s'exprime localement et



dans un court laps de temps ; il faut donc, en permanence, adapter l'une à l'autre grâce à des systèmes de gestion intégrée.

*Outils pour la gestion intégrée : Adapter la demande à l'offre en temps réel*

L'élaboration et le fonctionnement de tels systèmes ont besoin d'outils d'aide à la décision qui associent :

- des systèmes d'information géographiques qui collectent et analysent le maximum d'informations sur les systèmes d'eau ;
- des modèles de fonctionnement hydraulique de l'ensemble du bassin versant, incluant les nappes et réservoirs de barrages, les périmètres irrigués et tous les aménagements hydrauliques ;
- des modèles de fonctionnement économique des systèmes de production prenant en compte les stratégies des utilisateurs face aux risques de pénurie ;
- un modèle général de gestion des situations (système multi-agents et génération de scénarios) qui intègre ressource, aménagements et usages.

**GESTION INTÉGRÉE DES USAGES DE L'EAU SUR LE BASSIN VERSANT DE L'OUED MERGUILLIL**

Ce court résumé du rapport final du programme Mergusie, entrepris par un collectif de recherche en Tunisie, de 1996 à 2000, illustre concrètement la recherche et la mise au point de ces outils de gestion intégrée de l'eau sur un bassin versant aménagé.

Le bassin versant du Merguillil fait partie d'un ensemble de bassins drainant le versant sud de la dorsale tunisienne jusqu'à la plaine de Kairouan (avec les oueds Nebhana et Zeroud). Ce bassin versant de 1200 km<sup>2</sup>, situé en zone semi aride (Pm entre 250 et 500 mm/an) a été fortement aménagé dans les années 1970 et 80, pour des usages et des objectifs très divers. On y trouve :

- le barrage d'El Haouareb : mise en eau en 1989, capacité de 236 Mm<sup>3</sup>, apports annuels moyens 34 Mm<sup>3</sup>, pour protéger la ville de Kairouan des inondations, et alimenter les périmètres irrigués de la plaine de Kairouan, soit directement, soit par réalimentation des nappes phréatiques ou plus profondes ;
- à l'amont, une quarantaine de lacs et barrages collinaires pour un usage local de l'eau, et aussi pour protéger le barrage d'El Haouareb d'un envasement trop rapide ;
- des ouvrages de conservation des eaux et des sols, banquettes et tabias sur près de 25 % de la superficie du bassin amont ;
- des ouvrages de recharge des nappes et d'épandage de crues ;
- des captages de sources et forages pour l'eau potable destinée à la ville de Kairouan et aux zones touristiques du Sahel de Sousse (nappe de Cherichera) ;
- à l'aval du barrage, de nombreux périmètres irrigués, publics et privés, alimentés par des canaux d'irrigation, et de plus en plus, par des puits profonds équipés de pompes, avec un déplacement des nouveaux périmètres à l'aval immédiat du barrage.

L'expansion mal maîtrisée des usages de l'eau a créé de nombreux problèmes entre usagers, et entraîne une surexploitation des nappes et des risques de salinisation, qui ont conduit les autorités à mettre en place une politique de gestion de l'ensemble du bassin versant et de la plaine, grâce à des outils d'aide à la décision basés sur une connaissance précise du milieu, du fonctionnement des aménagements et des impacts de toute décision sur les stratégies des usagers. Il n'est plus possible de gérer la ressource en eau par une simple allocation proportionnelle à la demande ; il faut maintenant optimiser l'affectation de cette ressource en adéquation avec l'offre par un ajustement de sa répartition dans le temps et l'espace.

Pour cela, on a entrepris :

- d'organiser une base de données spatialisées contenant toutes les données sur le milieu physique, les aménagements et les usages de l'eau ;

- d'élaborer un modèle hydrologique et hydrogéologique distribué (ou maillé) simulant le fonctionnement hydraulique de l'ensemble bassin versant/barrage/nappes et périmètres, en prenant en compte tous les aménagements ;
- d'y coupler un modèle de fonctionnement de l'ensemble des infrastructures et de leurs connexions, ainsi qu'un modèle agro-économique de fonctionnement des systèmes de production prenant en compte les stratégies des exploitants, face au risque de pénurie ;
- de mettre en œuvre un modèle général de gestion de situations (aide à la décision) intégrant ressources, aménagements et usages.

Au-delà du cas particulier du Merguellil, il s'agit d'élaborer une méthodologie et un outil d'aide à la décision pour optimiser la gestion de l'eau dans des hydro-systèmes complexes, transposable à d'autres entités en Tunisie ou dans les régions méditerranéennes semi-arides.

### CONCLUSION

L'eau douce est une ressource inégalement répartie à la surface du globe, et, dans les pays les plus défavorisés, les ressources facilement accessibles sont d'ores et déjà insuffisantes pour assurer une satisfaction des besoins croissants pour la consommation humaine, l'agriculture et l'industrie. Toute politique d'aménagement durable doit s'attacher à développer simultanément une exploitation rationnelle des ressources en eau et des autres ressources naturelles, et en premier lieu, des sols soumis à de nombreuses dégradations. Il n'y a pas de choix à faire entre petits et grands aménagements ; la gestion intégrée des ressources en eau ne peut se concevoir indépendamment d'un aménagement global des ressources naturelles et des espaces où elles sont exploitées.

Pour cela, il est nécessaire de concevoir des outils pour la gestion de systèmes d'eau complexes dont la logique d'ensemble est définie par les relations réciproques des usagers, des gestionnaires

d'aménagements, des décideurs et planificateurs. Le projet de gestion intégrée de l'eau sur le bassin versant du Merguellil est un exemple de cette approche nouvelle de gestion.

Beaucoup plus que les contraintes climatiques et les difficultés techniques des aménagements, les contraintes socio-économiques sont des obstacles à l'exploitation rationnelle et durable des ressources en eau. Le problème démographique, les problèmes fonciers et d'accès aux ressources, les conditions de vie et de santé, le coût de l'énergie et les capacités d'investissement sont autant de contraintes qui doivent être prises en compte dans les stratégies d'aménagement.

- TUBIANA L., 2000, *Environnement et développement. L'enjeu pour la France*. Rapport au Premier Ministre, La Documentation française, Paris, 220 p.
- VERDEAUX F. (dir.), 1999, *La forêt monde en question, Autrepart*, (9), IRD / ed. de l'Aube, Paris, 182 p.
- WEIGEL J-Y., 1993, *Aquaculture littorale et mobilisations environnementales en Thaïlande*. In *Agriculture, écologie et développement*. M. Dufumier (dir.), *Revue Tiers Monde*, t. XXXIV, n°134, p. 385-404.

## CHAPITRE 6

- ENGELMAN R., et LE ROY P., 1993, *Sustaining water. Population and the future of renewable water supplies*. Report of Population and Environment Program. Population Action International. Washington D.C.
- IPED-WMO, 1995, *Water resource management and desertification : problems and challenges*. Prepared by the International Panel of Experts on Desertification and the World Meteorological Organisation. Secretariat of the WMO. Geneva, Switzerland.
- KERGREIS A. et CLAUDE J., coord., 1991, *Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride*. Journées scientifiques du réseau Génie Para Sécheresse, Ouagadougou, mars 1990. Éd. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris.
- MARGAT J., 1991, *Ressources en eau des pays africains, utilisation et problèmes*. 7<sup>e</sup> Congrès mondial des ressources en eau. Rabat, mai.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, République de Tunisie, 1998, *EAU 21, Stratégie du secteur de l'eau en Tunisie à long terme 2030*. Rapport final préparé par : Khanfir R., El Echi M.L., Louati M.H., Marzouk A., Frigui H.L., Alouini A. Tunis, mars.

- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, République de Tunisie, 1993, Rapport national : l'état de l'environnement PNM MERGUSIE (collectif de recherche), 2000, Gestion intégrée de l'eau dans le BV du Merguellil. Rapport de synthèse provisoire.
- SHIKLOMANOV I. A., 1995, Assessment of water resources and water availability in the World, Scientific and Technical report, State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia, nov., 82 p.
- WMO – OMM, 1996, Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World, Geneva, sept.

## CHAPITRE 7

- ASSEMBLÉE NATIONALE, 2000, *Fonds monétaire international, Banque mondiale : vers une nuit du 4 août ?* Yves Tavernier, Rapport d'information à l'Assemblée nationale, décembre 2000.
- AUBERTIN C., et VIVIEN F.-D., 1998, *Les enjeux de la biodiversité*, Col. Poche Environnement, Economica, Paris.
- BANQUE MONDIALE, 2002a, *Indicateurs du développement dans le monde, 2002*, Éditions de la Banque mondiale.
- BANQUE MONDIALE, 2002b, Communiqué de presse n° 2002/277/S.
- DELÉAGE J.-P., 1996, « Vache folle et crise de civilisation », *Écologie politique*, n° 18-19.
- DOMENACH H. et PICOUET M., 2000, *Population et environnement*, Que sais-je ? PUF, n° 3556.
- DOUNIAS E., 2000, « La diversité des agricultures itinérantes sur brûlis » in Rapport APFT, Les peuples des forêts tropicales

*Sous la direction de*  
Hervé Domenach  
*et*  
Michel Picouet

**Environnement  
et populations :  
La durabilité  
en question**

*Collection*

L'Harmattan

Sous la direction de  
Hervé DOMENACH et Michel PICOUET

ENVIRONNEMENT ET POPULATIONS :  
LA DURABILITÉ EN QUESTION

**L'Harmattan**  
5-7, rue de l'École-Polytechnique  
75005 Paris  
FRANCE

**L'Harmattan Hongrie**  
Hargita u. 3  
1026 Budapest  
HONGRIE

**L'Harmattan Italia**  
Via Bava, 37  
10214 Torino  
ITALIE



© L'Harmattan, 2004  
ISBN : 2-7475-6008-2  
EAN : 9782747560085