



MedWet  
*~~~~~*

Conservation des zones humides méditerranéennes

# L'Enjeu de l'eau

F. Pearce



La contribution du Plan Bleu à cet ouvrage a été coordonnée par  
Domitille Vallée  
avec l'aide de Jean Margat, Anne Petersen et Abdel Aziz Bouralah.

Production : Tour du Valat  
Maquette : Anne Ambellan  
Couverture et illustrations : Sonia Viterbi  
© 1996 Agence BIOS, pour les photos,  
excepté photos page 15 : Bruno Pambour ; pages 18 et 41: Jean Jalbert ;  
page 44 : Institut Cartogràfic de Catalunya

© 1996 Tour du Valat  
Le Sambuc - 13200 Arles - France

Préparé et publié avec le concours financier de la Communauté Européenne.

Droits de traduction et reproduction des textes autorisés pour tous les pays,  
avec mention Tour du Valat.

Droits de reproduction des photos réservés pour tous pays.  
Une copie ou une reproduction des photos, même partielle,  
par quelque procédé que ce soit, constitue une contrefaçon passible des peines  
prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteurs.

Loi 49.956 du 16.07.1949  
ISBN : 2-910368-08-4

# MedWet



## **L'action de MedWet**

Le bassin méditerranéen est riche en zones humides présentant de grandes valeurs écologiques, sociales et économiques. Cependant, ces importantes ressources naturelles ont été considérablement dégradées ou détruites, essentiellement au cours du XX<sup>e</sup> siècle. Pour arrêter ces pertes, inverser la tendance et assurer une utilisation rationnelle de ces zones humides dans toute la Méditerranée, une action de collaboration concertée à long terme a été développée sous l'appellation « MedWet ».

Un projet préparatoire de trois ans a été lancé fin 1992 par la Commission européenne, la Convention de Ramsar sur les zones humides d'importance internationale, les gouvernements d'Espagne, de France, de Grèce, d'Italie et du Portugal, le Fonds mondial pour la nature (WWF), Wetlands International et la Station biologique de la Tour du Valat.

Ce projet se focalise sur la partie du bassin méditerranéen faisant partie de l'Union européenne, avec des activités pilotes entreprises dans d'autres pays tels que le Maroc et la Tunisie. Le financement provient pour les deux tiers de l'Union européenne dans le cadre du programme ACNAT, le complément étant apporté par les autres partenaires eux-mêmes.

Le concept de MedWet et son importance pour l'utilisation rationnelle des zones humides méditerranéennes ont été officiellement reconnus à Kushiro, en juin 1993, lors de la Conférence des parties contractantes à la Convention de Ramsar.

## **La série des publications MedWet**

Les zones humides sont des écosystèmes complexes qui ont de plus en plus besoin d'être gérés de façon à conserver leur grande variété de valeurs et de fonctions. L'objectif de la série de publications MedWet est de mieux faire comprendre les zones humides méditerranéennes et de rendre disponible à leurs gestionnaires une information scientifique et technique pertinente et actualisée.



Fred Pearce, 1996

L'Enjeu de l'eau

Conservation des zones humides méditerranéennes - numéro 5

Tour du Valat, Arles (France), 82 p.

### **Titres de la collection :**

1. Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes
2. Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes
3. L'Aquaculture dans le bassin méditerranéen
4. Gestion des sites de nidification pour oiseaux d'eau coloniaux
5. L'Enjeu de l'eau

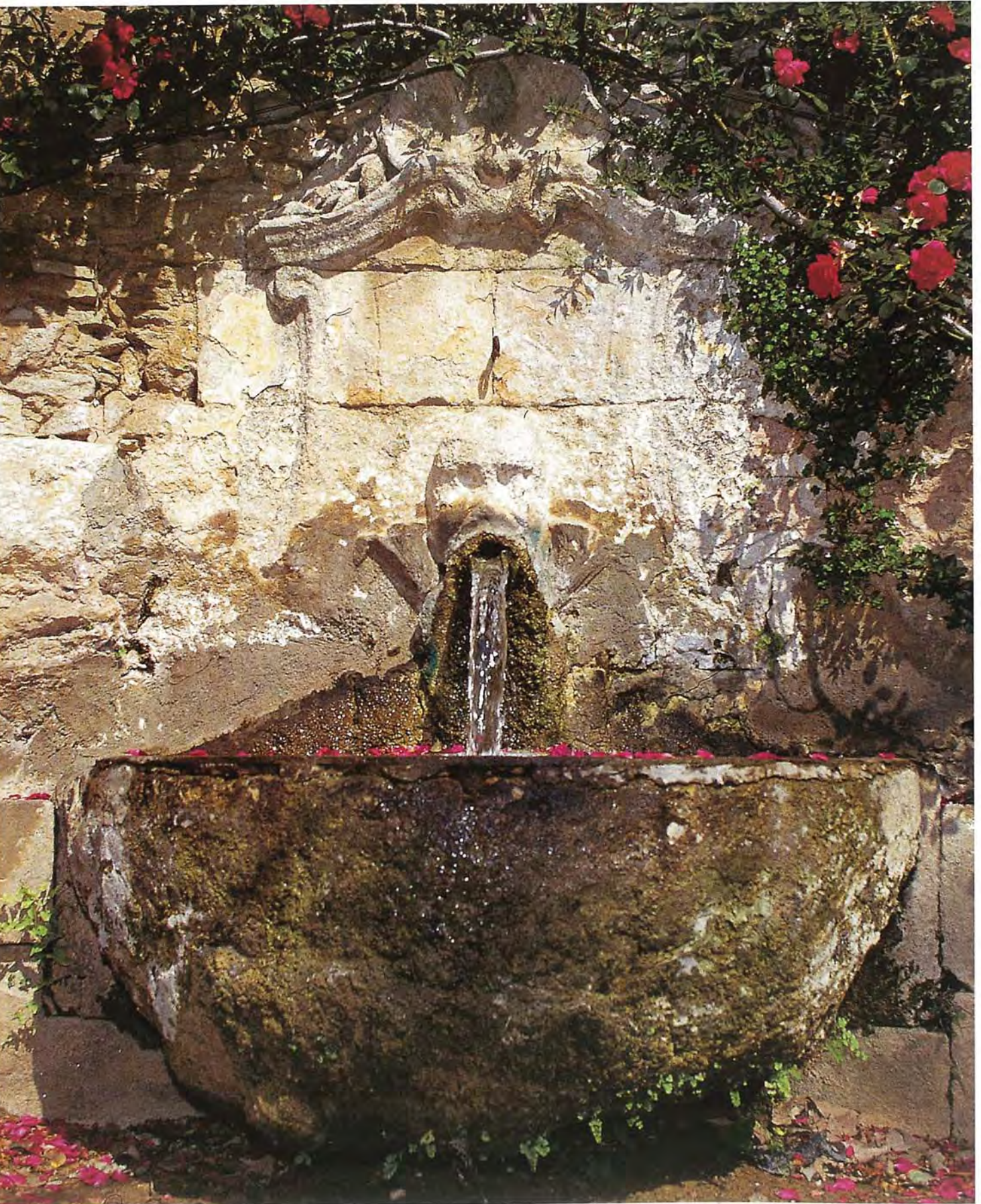
Conservation des zones humides méditerranéennes

# L'Enjeu de l'eau

F. Pearce

Numéro 5

Collection éditée par J. Skinner et A. J. Crivelli



# Préface

Par son absence ou sa présence, sa profusion ou sa rareté, l'eau a modelé la diversité du bassin méditerranéen et des civilisations qui s'y sont épanouies. L'eau conditionne nos représentations sociales et culturelles, notre développement économique.

Hydrologistes, économistes ou démographes, tous les experts s'accordent à dire que les pressions sur les ressources en eau, déjà considérables, vont s'accroître fortement dans les décennies qui viennent.

Demander à ces ressources plus qu'elles ne peuvent donner, c'est mettre en jeu leur pérennité même. Au delà de son aspect de matière première, de bien de consommation, l'eau est un milieu de vie, le support d'écosystèmes riches et originaux, dont le rôle dans notre développement est méconnu.

Là réside l'enjeu des années à venir : mettre en place une politique de gestion intégrée des ressources qui concilie gestion patrimoniale des milieux humides et utilisation économique. Ces deux affectations de l'eau, souvent antagonistes font l'objet d'arbitrages de répartition des ressources dans lequel le milieu naturel est trop souvent perdant. C'est ignorer le rôle caché du milieu naturel dans la durabilité du développement.

Cet ouvrage souhaite apporter une vision plus globale et une mise en perspective des enjeux liés à une gestion intégrée des ressources en eau. Il est le fruit de la collaboration du Centre d'Activités Régionales du Plan Bleu du Plan d'Action pour la Méditerranée et du programme d'actions coordonnées pour la conservation des zones humides méditerranéennes (MedWet). Il s'adresse tant aux acteurs de la gestion patrimoniale des zones humides qu'aux gestionnaires des ressources en eau du bassin méditerranéen.

Notre ambition : qu'on y trouve des informations et des réflexions qui contribueront à des choix politiques et techniques garantissant la transmission de ce patrimoine aux générations futures.

Lucien Chabason  
Coordinateur du Plan d'Action pour la Méditerranée  
Programme des Nations Unies pour l'Environnement



# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>11</b>
<b>L'eau : une répartition inégale</b>	<b>13</b>
Le cycle de l'eau	15
Sécheresse et changement climatique	17
<b>Usages et abus d'usage</b>	<b>21</b>
Tendance démographique	22
Demande en eau	24
Tourisme	25
Agriculture et industrie	26
Les limites sont atteintes	28
Indice d'exploitation de l'eau	29
<b>L'exploitation d'une ressource irrégulière</b>	<b>33</b>
Technologies anciennes	34
Réservoirs, barrages et pompes	35
Tranferts de l'eau	37
Grands travaux	40



<b>Conflits et changements</b>	<b>43</b>
Conflits internationaux	45
Surexploitation des aquifères	47
Transport des sédiments	49
Effets des prélèvements sur les écosystèmes des zones humides	51
<b>Les choix</b>	<b>55</b>
La voie classique	56
Vers les limites	58
A la recherche de sources nouvelles et originales	59
L'alternative : réduire la demande	61
• Réduire les pertes	61
• Irriguer efficacement	62
• Réutiliser	63
Défendre les ressources en eau	64
Aspects politiques et institutionnels	65
L'économie de marché	66
<b>Conclusion</b>	<b>71</b>
<b>Glossaire</b>	<b>76</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>77</b>
<b>Index</b>	<b>81</b>



# Introduction

**Pour nombre d'ingénieurs, l'eau qui se déverse dans une zone humide ou dans la mer n'est qu'une ressource gaspillée. Tout flux qui n'est pas détourné vers des canalisations et des canaux d'irrigation, ou forcé dans les turbines d'un barrage hydroélectrique "se perd inutilement".**

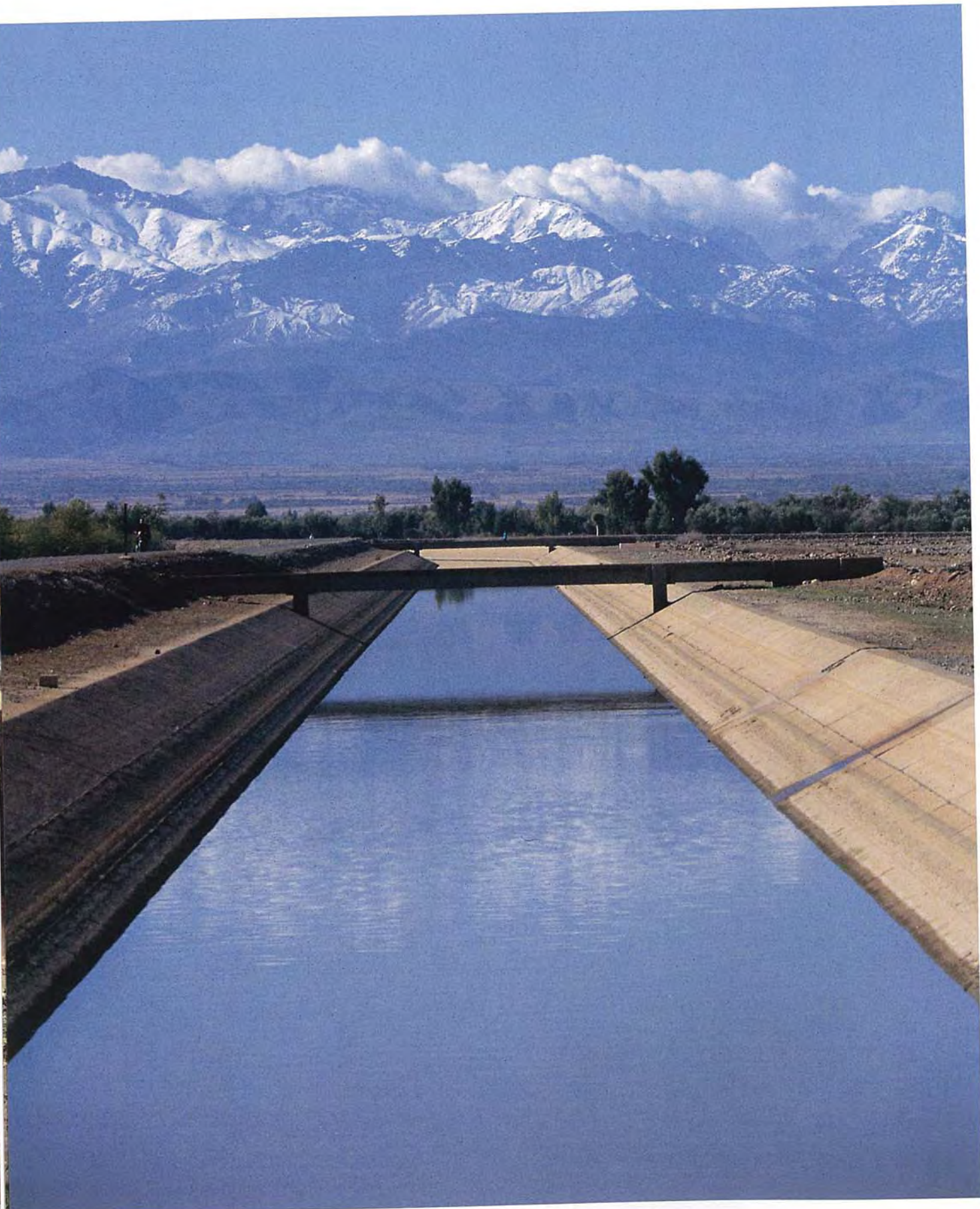
Actuellement, dans certains pays, l'homme détourne l'essentiel de la ressource en eau à son profit. La dégradation des fonctions écologiques de l'eau devient préoccupante, tout comme les risques que la surexploitation fait courir aux ressources en eau pour l'avenir. La région méditerranéenne voit ainsi se développer une situation critique : l'eau y est rare, les pluies y sont irrégulières et insuffisantes, surtout pendant la période estivale, alors que la demande en eau culmine en cette saison.

Les zones humides préservées constituent un trait fondamental du paysage naturel : marais, deltas et lagunes côtières abritent notamment de nombreuses espèces végétales et animales, caractéristiques de la région, et alimentent de nombreuses pêcheries. Elles jouent également un rôle important dans l'hydrologie des systèmes fluviaux (stockage et recyclage de l'eau douce, par exemple).

Cette publication a pour objectif d'analyser l'accroissement de la demande en eau dans le bassin méditerranéen et l'aggravation des pressions sur l'environnement hydrologique naturel. Elle pose également la question de savoir jusqu'où l'approvisionnement en eau est compatible avec la conservation d'espaces naturels sensibles tels que les zones humides et lorsqu'une telle compatibilité se révèle impossible, comment arbitrer entre ces deux objectifs.

Sans doute, ne peut-on gérer efficacement les ressources en eau qu'en considérant comme un ensemble cohérent toutes les utilisations de l'eau dans les bassins hydrographiques, aussi bien par l'homme que par les écosystèmes naturels.

Des systèmes complexes ont été développés pour permettre la distribution de l'eau. A Timimoun, Algérie, ce système permet une répartition très stricte de l'eau vers chaque parcelle.



# La répartition inégale de l'eau

**Pour beaucoup de gens, le climat méditerranéen avec ses étés chauds et secs, ses hivers tempérés et humides, incarne le climat idéal. Mais l'approvisionnement en eau dans le bassin méditerranéen constitue un problème.**

Selon la définition classique un climat est dit de type méditerranéen lorsque la pluviosité hivernale dépasse de plus du triple la pluviosité estivale<sup>1</sup>. C'est le cas dans tout le bassin méditerranéen, sauf au nord du 45<sup>e</sup> degré de latitude, où les précipitations se répartissent plus régulièrement.

Le contraste saisonnier est le plus marqué au sud et à l'est du bassin, là où la majorité des précipitations annuelles peut s'abattre en quelques jours d'averses torrentielles. Dans certaines zones de Tunisie, fréquemment, jusqu'à 60 % des pluies annuelles peuvent ainsi tomber en une seule journée<sup>2</sup>.

1 - Wigley, T.M.L. (1992)

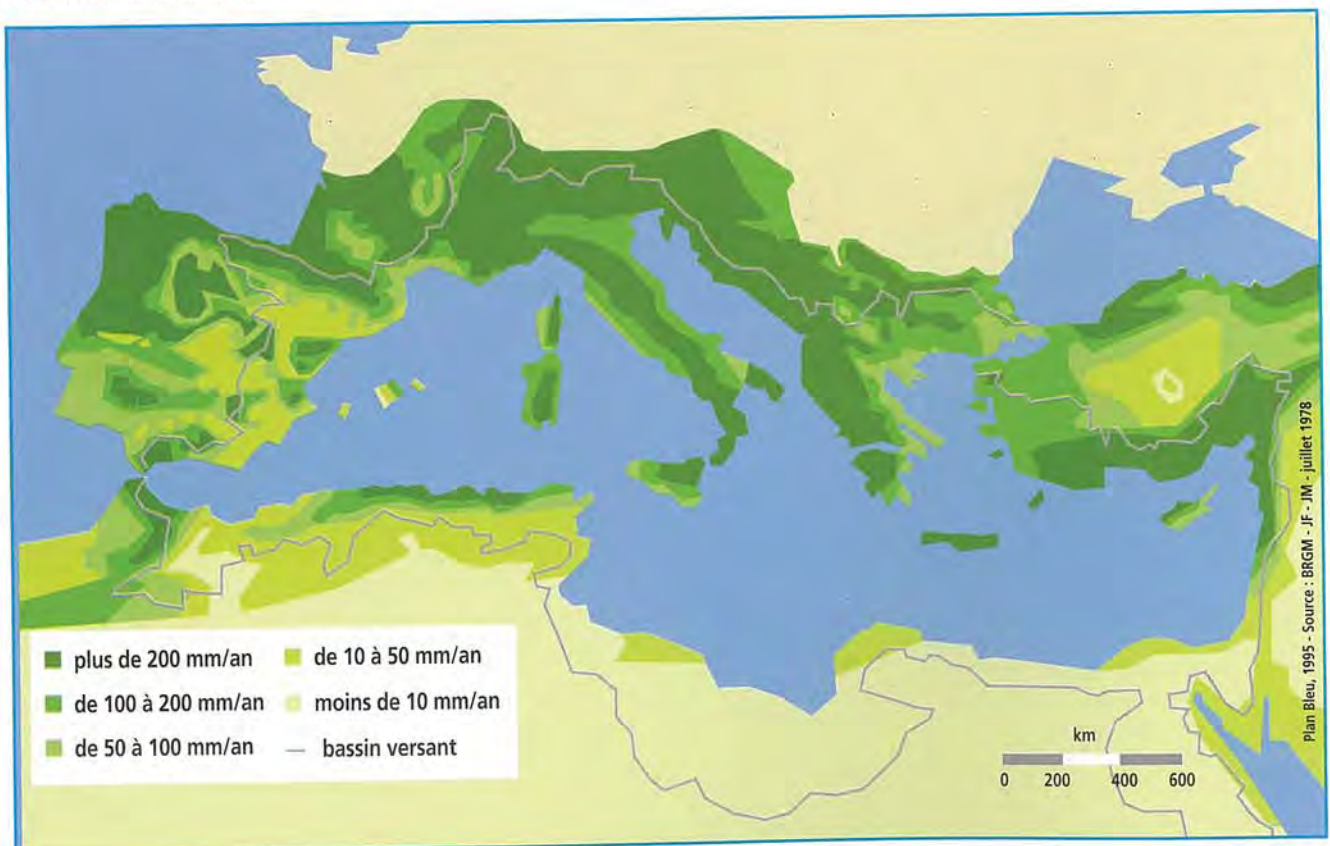
2 - Lal, R. (1990)

La moyenne pluviométrique dans la région passe de 1 500 mm sur la côte est de l'Adriatique et dans les montagnes du Liban à environ 200 mm sur la côte est de l'Espagne, moins de 30 mm dans le delta du Nil, et moins de 10 mm dans le désert oriental d'Egypte<sup>2</sup>.

Des variations locales existent également. Dans le sud du bassin, l'influence maritime rend les zones côtières plus tempérées et pluvieuses. Les montagnes, comme les Alpes, les chaînes de l'Atlas en Afrique du Nord, et celles de l'ex-Yougoslavie, de Grèce et du Liban, reçoivent davantage de pluie car les nuages déversent leur humidité en les franchissant.

Le caractère imprévisible de la pluviosité d'une année sur l'autre aggrave ce schéma complexe de variabilité spatiale et saisonnière. Selon le Département de Recherche Climatique de l'Université d'East Anglia, le sud de la région connaît l'une des pluviosités les plus imprévisibles de la planète. Sur le littoral de la Lybie et de l'Egypte, les 10 % d'années les plus humides reçoivent cinq fois plus d'eau que les 10 % d'années les plus sèches<sup>1</sup>.

Ruissellement annuel sur le bassin méditerranéen.



1 - Hulme, M. (1994)  
2 - Lindb, G. (1992)

# La répartition inégale de l'eau

## Le cycle de l'eau

**Les précipitations ne se traduisent pas automatiquement en débit dans les rivières. Les montagnes peuvent retenir les précipitations sous forme de glace et de neige jusque tard dans le printemps et la fonte emplit les cours d'eau en aval, avec souvent plusieurs mois de décalage sur les pluies.**

Les pluies et les neiges en montagne sont essentielles pour l'approvisionnement en eau de certaines zones du Maroc, de l'Algérie, de la Grèce, de la Turquie, et de l'ex-Yougoslavie. L'eau peut également demeurer des mois sous la terre, emmagasinée dans les sols ou être absorbée par la végétation, particulièrement les forêts.

L'eau s'infiltre par le sol ou le lit des cours d'eau dans les roches poreuses, dites aquifères<sup>\*1</sup>. Ces roches peuvent retenir l'eau quelques jours ou plusieurs milliers d'années jusqu'à ce qu'elle rejaillisse à la surface ou atteigne les océans. Certaines des plus grandes et anciennes ressources en eau s'étendent ainsi sous le désert saharien.

Mais la plus grande part de l'eau s'évapore. Dans le sud de la région, le taux annuel d'évaporation avoisine deux mètres par an soit huit fois le volume des précipitations. L'effet de l'évaporation est particulièrement visible sur les grandes étendues d'eau. Le lac Nasser, derrière le haut barrage d'Assouan en Egypte, perd annuellement au moins 10 km<sup>3</sup> d'eau par évaporation.

Le plus grand bassin hydrographique de la région est drainé par le Nil, qui s'enfonce profondément en Afrique orientale. Les autres principaux bassins, couvrant chacun plus de 60 000 km<sup>2</sup>, se situent majoritairement dans la zone climatique méditerranéenne. Il s'agit du Pô en Italie, du Rhône en France, qui drainent tous deux les Alpes, et de l'Ebre en Espagne, qui prend sa source dans les Pyrénées.



L'Euphrate, ici à Birecik en Turquie, traverse une zone marquée par un déficit hydrique estival particulièrement prononcé.

B. Pambour



Partout les conditions d'écoulement sont influencées par l'évapotranspiration\*. En moyenne, seule la moitié des précipitations dans tout le bassin méditerranéen ruisselle dans les cours d'eau. Dans certaines zones du sud-est de l'Espagne et de la Tunisie, seul un dixième atteint les cours d'eau<sup>1</sup>. Israël perd 60 % du volume de ses précipitations par évapotranspiration. L'écoulement de l'eau vers la mer capté par les cours d'eau peut être freiné pour stockage dans les zones humides riveraines, les réservoirs artificiels ou les lagunes littorales<sup>2</sup>.

Bien qu'il soit parfois commode de caractériser les ressources en eau en tant qu'eaux superficielles ou souterraines, elles ne sont pas indépendantes, et un prélèvement croissant des unes entraînera probablement la diminution des autres.

Le cycle de l'eau au sein d'un bassin hydrographique est donc complexe. L'eau circule du sol vers les réserves souterraines et les rivières, ensuite elle alimente les zones humides et la végétation et ainsi de suite. Les altérations humaines de l'un de ces cheminements – comme le déboisement ou la construction de barrages, le drainage des zones humides ou la transformation du cours des fleuves – peuvent avoir de graves conséquences pour la totalité du cycle de l'eau, en nuisant à la disponibilité en eau en aval aussi bien dans l'espace que dans le temps.

Les principaux fleuves interagissent avec de grandes nappes aquifères et possèdent d'importantes zones humides à leur embouchure. Le delta du Nil représente les deux tiers des terres cultivables d'Égypte. Il fournit 5 km<sup>3</sup> par an aux nappes aquifères deltaïques. La réserve d'eau, fossile en grande partie, stockée sous le sol d'Égypte, s'élève à 400 km<sup>3</sup>, soit environ le triple de la capacité du lac Nasser en amont du haut barrage d'Assouan, mais très peu de cette eau peut être utilisée<sup>3</sup>.

## Eaux fossiles

Des nappes aquifères "fossiles" s'étendent de manière quasi ininterrompue sous le désert du Sahara depuis le Maroc jusqu'au Sinaï et au Néguev. Ces nappes aquifères contiennent jusqu'à 75 000 km<sup>3</sup>. Néanmoins, seule une faible part de cette eau est mobilisable à un coût raisonnable, en utilisant les technologies actuelles, et la recharge annuelle n'est que de quelques kilomètres cube<sup>4</sup>.

Des trois principaux bassins sahariens contenant de l'eau fossile, le plus grand est le bassin nubien qui s'étend sous la Lybie,

l'Égypte et le Soudan. L'estimation de son contenu en eau varie de 40 000 à 60 000 km<sup>3</sup>, dont environ 180 km<sup>3</sup> seulement sont récupérables. Son taux annuel de recharge n'est que d'un kilomètre cube par an environ<sup>5</sup>.

L'aquifère Sinaï-Néguev contient 200 km<sup>3</sup> d'eau, en grande partie saumâtre et datant de plus de 20 000 ans. Le bassin algéro-tunisien reçoit des infiltrations depuis les montagnes de l'Atlas jusqu'au Nord et à l'Erg occidental. L'eau la plus ancienne, sous la dépression de Qatarra en Égypte orientale, date de 25 000 ans.

1 - Lindh, G. (1992)

2 - Anonyme, *World Water Journal* (1994)

3 - Anonyme, *Environmental Action Plan for Egypt*, (1992)

4 - Hesse, K.H. (1987)

5 - Salem O.M. (1992)



## Sécheresse et changement climatique

**Pas plus qu'un système hydrographique n'est comparable à une canalisation, une sécheresse ne ressemble à la fermeture d'un robinet. Une sécheresse météorologique brève peut ne pas diminuer de beaucoup le débit d'un cours d'eau, pourvu qu'il soit relié à des nappes souterraines ou à un réservoir artificiel qui en maintiennent le débit. Mais ceux-ci ne peuvent fournir qu'un relais temporaire.**

Le bassin méditerranéen souffre fréquemment d'une faible pluviosité. En 1989-90 la majeure partie de la région a vécu une sécheresse grave, et certains pays, l'Espagne en particulier, n'ont reçu que peu de pluies depuis. Comme ces pays utilisent leurs ressources en eau avec une intensité croissante, la faiblesse des précipitations entraîne de plus en

### Les zones humides du bassin méditerranéen

Le bassin méditerranéen était autrefois riche en zones humides, car les cours d'eau sortaient de leur lit et s'épandaient sur les plaines inondables, les zones côtières et les deltas. Au cours des 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles, la plupart des zones humides continentales ont été drainées, soit pour l'agriculture soit pour lutter contre les moustiques, vecteurs du paludisme. Les zones humides qui demeurent sont maintenant sous la menace de grands projets d'approvisionnement en eau endiguant les fleuves, détournant l'eau ou vidant les nappes aquifères et privant ainsi les zones humides de leur alimentation en eau.

De nombreux pays atteignent les limites de leur ressources en eau, les menaces sur les zones humides s'aggravant, même si en théorie, bon nombre sont protégées par

les gouvernements dans le cadre de la Convention de Ramsar sur les zones humides.

Parmi les plus importantes zones humides restantes, figurent les deltas des principaux fleuves qui se jettent dans la Méditerranée : deltas du Pô, de l'Ebre et du Rhône, de l'Evros, l'Axios et l'Achéloos en Grèce, du Menderes et du Göksu en Turquie et du Nil en Égypte.

Dans le Maghreb, on trouve peu de deltas fluviaux, mais plusieurs grandes zones de marais salés et de lacs qui agissent comme bassins de drainage intermittents pour les crues subites. Habituellement, l'eau forme un lac puis s'évapore. Les dépressions, appelées chotts\* ou sebkhas\*, se couvrent de végétation lorsqu'elles sont humides, et attirent de grandes quantités d'oiseaux migrateurs. Ainsi, des milliers de flamants nichent parfois dans le Sebkha Sidi El Hani en Tunisie.

Les inondations peuvent provoquer d'importants dommages. Mais est-il bien raisonnable de construire des habitations en zones inondables ?



plus de crises au niveau national, du fait de l'abaissement du niveau des nappes phréatiques, de la vidange des réservoirs et de l'assèchement des zones humides et des cours d'eau.

Alors que de fortes pluies provoquaient des inondations dans l'Europe du nord au début de 1995, l'Espagne restait sèche. Les précipitations étaient inférieures au quart de la normale sur le sud et l'est de l'Espagne durant la cinquième année de sécheresse. La Tunisie souffre d'une grave sécheresse depuis 1987-89, le Maroc est touché depuis 1990.

Dans la Sierra Nevada (Espagne), les championnats mondiaux de ski alpin furent annulés au début de 1995 parce que, pour la première fois en 25 ans, les pentes étaient dépourvues de neige.

Le débat s'amplifie chez les climatologues pour déterminer si ces sécheresses ne sont qu'une autre manifestation de la variabilité bien connue des précipitations dans le bassin méditerranéen ou bien sont le signe d'un changement à long terme du régime des précipitations, peut-être en liaison avec le réchauffement de la planète. Les précipitations ont diminué dans le sud de l'Europe et le Maghreb depuis un siècle. En été, les précipitations sont actuellement inférieures de 20 % à celles de la fin du 19e siècle. A Tanger, les précipitations ont chuté de 100 mm en 40 ans et à Ifrane, dans les montagnes du Moyen-Atlas au Maroc, de 400 mm en 30 ans<sup>1</sup>.

De tels changements provoquent l'incertitude. Les moyennes pluviométriques à long terme ou celles du débit des cours d'eau restent-elles valables comme bases prévisionnelles pour l'utilisation des ressources en eau ? Au milieu des années 1990, les hydrologues grecs furent contraints de réviser leurs évaluations des débits moyens de l'Achéloos, le plus long fleuve du pays (220 kilomètres), objet d'un grand programme de détournement pour l'irrigation. Le réchauffement

1 - Jellali, M. & A. Jebali (1994)

# La répartition inégale de l'eau

de la planète pourrait déclencher ultérieurement des changements, une variabilité et une incertitude dans la région. Plusieurs simulations climatiques suggèrent que chaleur et sécheresse vont s'accroître, avec des précipitations moindres et des taux accrus d'évaporation.

Une simulation des modifications possibles de la pluviosité avec un réchauffement de 2°C de la planète, ce qui pourrait se produire selon les experts au milieu du 21<sup>e</sup> siècle, suggère que la diminution des précipitations dans la majorité du bassin méditerranéen excéderait les 5 % sur le sud de l'Espagne et du Maroc.



La sécheresse de ces dernières années a asséché de nombreux lacs réservoirs en Espagne.

O. Langrand / Bios

## Histoire salée

Au sein d'un bassin hydrographique, l'eau est habituellement douce en majeure partie et utilisable pour la boisson et l'irrigation à moins qu'elle n'ait été contaminée par les eaux usées ou d'autres pollutions. Mais, surtout dans les zones les plus chaudes, l'évaporation peut augmenter la salinité des eaux superficielles. Les sels dissous dans l'eau se concentrent tandis que l'eau s'évapore. Les

eaux salines peuvent se concentrer dans les lacs des dépressions continentales. Si l'eau salée s'infiltre dans les aquifères, les nappes souterraines deviendront elles aussi salines.

Dans les régions côtières, comme sous les deltas fluviaux, les nappes aquifères d'eau douce peuvent coexister avec les aquifères d'eau salée. Le pompage excessif de la partie d'eau douce peut entraîner des intrusions salines dans l'aquifère non salé.



# Usage et abus d'usage

**La pression exercée sur les ressources en eau du bassin méditerranéen ne cesse de s'amplifier. La raison principale est démographique. Mais les politiques gouvernementales vis-à-vis des activités consommatrices d'eau, depuis l'industrie et l'agriculture jusqu'au tourisme, jouent également un rôle important.**

Dans l'utilisation de ressources en eau par l'exhaure\* ou la diversion\*, c'est la satisfaction d'une demande à distance qui est recherchée sans prise en compte des multiples services assurés par cette ressource au sein des zones humides et des écosystèmes littoraux.

Les zones humides fournissent toute une gamme de produits, comme ces roseaux utilisés pour la confection de toits de chaume, contribuant ainsi à l'économie locale.

## Tendances démographiques

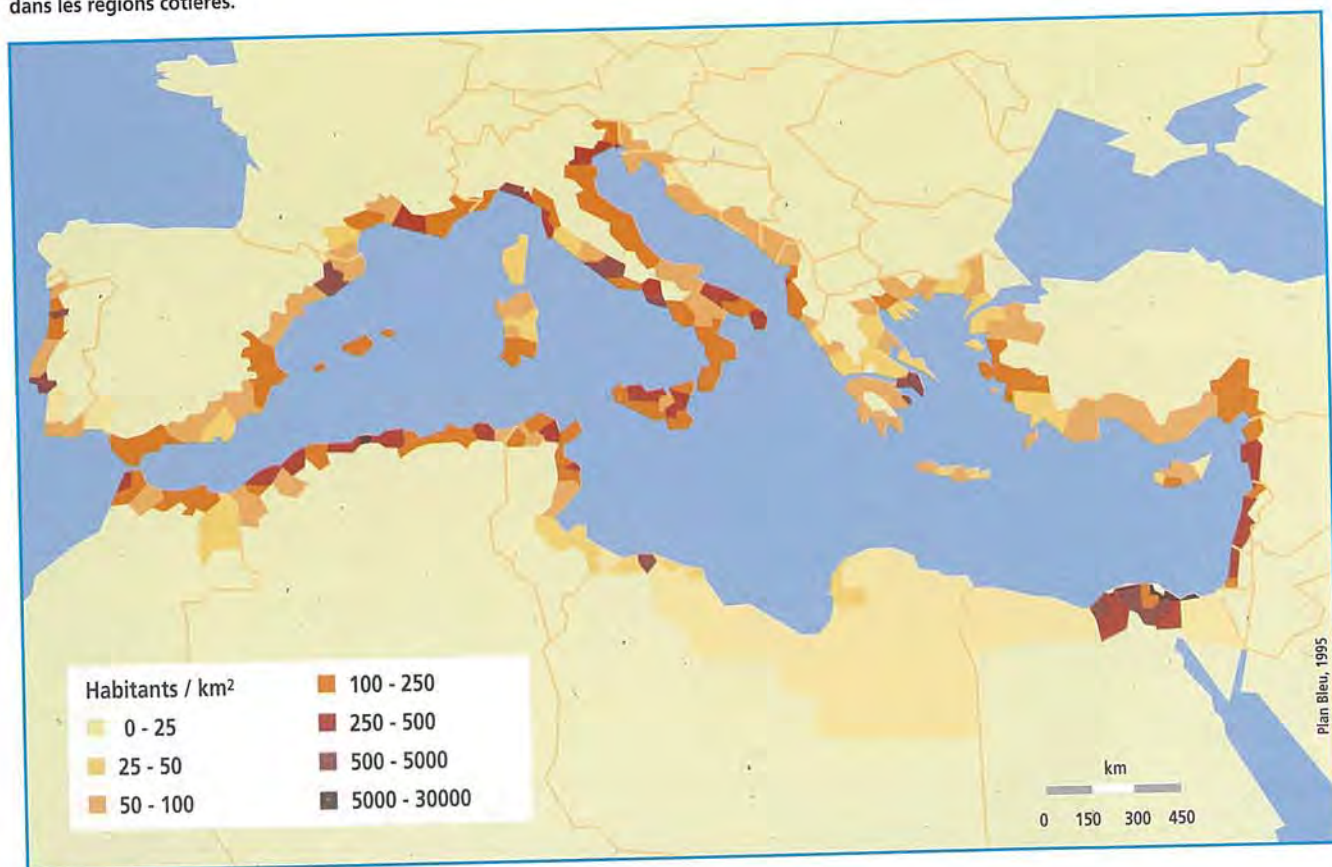
**Le bassin méditerranéen est l'une des régions les plus peuplées de la planète. Plus de 130 millions de personnes vivent dans les villes, les grandes agglomérations et les villages sur ou près du littoral méditerranéen.**

Cinquante villes côtières méditerranéennes dépassent les 100 000 habitants. Les densités démographiques les plus élevées se trouvent au nord-ouest de la région, plus de 1 000 habitants au km<sup>2</sup> le long des côtes françaises et italiennes, par exemple.

Il existe des points névralgiques même dans les régions les plus sèches. La côte du Levant, et certaines zones côtières de l'Algérie et de la Tunisie dépassent 250 habitants au km<sup>2</sup>. Le delta du Nil dépasse les 500 et la bande de Gaza les 2 000. La capitale égyptienne, Le Caire, est la plus grande agglomération de la région, avec 16 millions d'habitants.

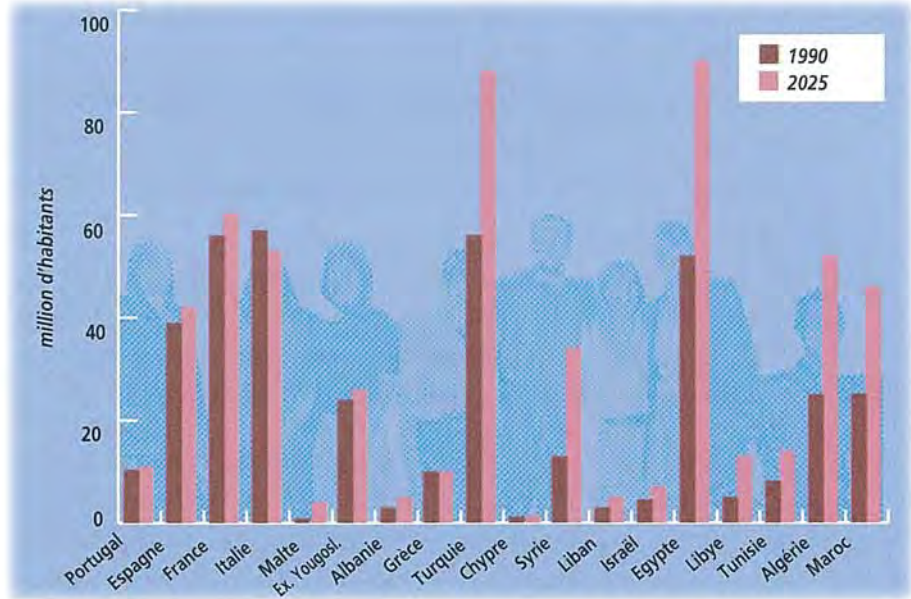
Néanmoins, la démographie du nord de la région est actuellement relativement stabilisée. La population méditerranéenne de l'Europe est censée s'accroître de moins de 4 millions de personnes entre 1990 et 2025.

Densité de population  
dans les régions côtières.



Estimation de la population des pays méditerranéens en 2025.

Source : Commission des Communautés Européennes, 1992



Mais dans le sud et l'est de la région, les territoires les plus secs, on prévoit une croissance démographique de plus de 75 % pendant la même période. La population de l'Egypte passera de 52 à plus de 90 millions d'habitants, concentrés pour la plupart le long du Nil et dans son delta.

Le Maroc et l'Algérie qui comptaient tous deux moins de 9 millions d'habitants en 1950, en ont actuellement 25 millions et devraient dépasser les 45 millions en 2025<sup>1</sup>.



L'augmentation de la population rend nécessaire la mise en place de traitement des eaux usées pour maintenir la qualité de l'eau.  
Traitement par lagunage, Mèze, France.

M. Gunther / Bios

## Demande en eau

**L'impact de la croissance démographique sur la demande en eau est évident. Mais la croissance de la demande individuelle est également très importante.**

En Turquie, où la demande en eau n'a que doublé durant les années 80, le gouvernement estimait que 63 % seulement de la population avait accès à un système de distribution en eau potable suffisant. Ce qui laissait 20 millions d'habitants en quête d'approvisionnement<sup>1</sup>. On prévoit que la demande en eau potable dans le Maghreb sera multipliée par sept, soit 21 millions de m<sup>3</sup>/jour les 20 prochaines années.

La majorité des pays connaissent une urbanisation croissante. Les populations urbaines consomment plus d'eau, ce qui nécessite des systèmes d'adduction plus complexes. Les risques de maladies et de pollution impliquent en outre une réglementation de la qualité de l'eau plus sévère dans les zones urbaines. Le Maroc a fait passer de 50 % en 1980 à 90 % en 1990 la proportion de la population urbaine recevant une alimentation en eau saine et en quantité suffisante, alors que la proportion de la population rurale dans la même situation n'était que de 20 %.



La part destinée à l'irrigation représente plus de 70 % de la consommation totale en eau dans les pays du bassin méditerranéen. Vallée de la Durance, France.

1 - Kulga, D. & K. Adanali (1990)



## Tourisme

**S'ajoutent à cela 150 millions de touristes de toutes les nations qui visitent la région chaque année, soit plus du tiers du total mondial des touristes transfrontaliers.**

Malgré le manque d'eau, de nombreux aménagements touristiques comprennent des terrains de golf qui requièrent un arrosage permanent. En Espagne, on a dénombré 200 000 séjours de golf chaque année<sup>1</sup>. Le Maroc est renommé pour ses terrains prestigieux. La Tunisie projette d'en tripler le nombre avant la fin de la décennie. A Malte et à Chypre, de nombreux terrains de golf sont en construction.

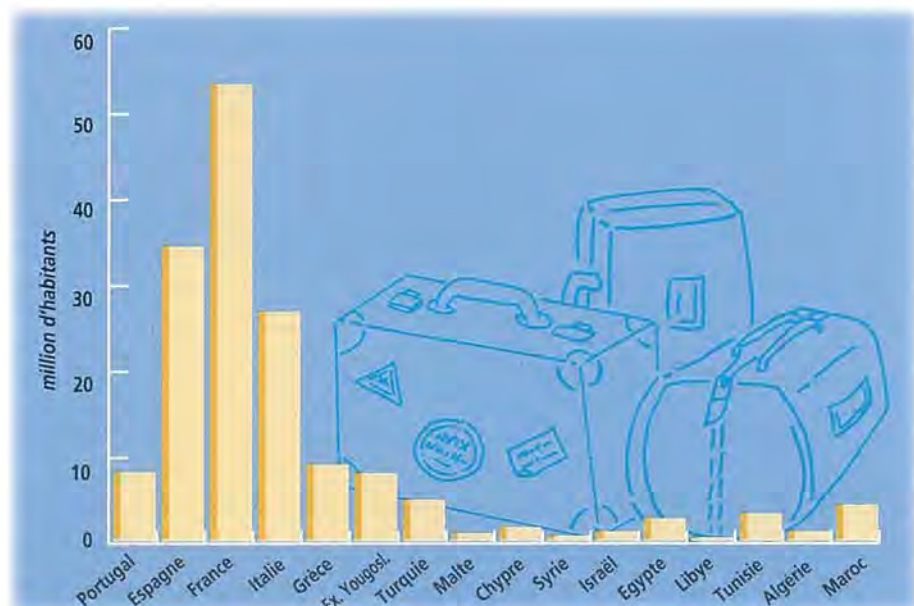
La plupart viennent durant l'été sec. Les quatre-cinquièmes continuent de se rendre en France, en Italie et en Espagne. Mais de nombreux touristes, lassés des plages encombrées et des côtes bétonnées de ces destinations traditionnelles, se dirigent vers l'est et le sud.

Malte accueille un million de touristes par an, le triple de sa population permanente. Au plus fort de l'été, la demande domestique en eau double et des coupures d'alimentation en eau sont fréquentes pendant la saison estivale, hors des régions touristiques.

Certaines villes touristiques turques voient décupler leur population en été. Sur l'île grecque de Patmos, dans le Dodécanèse, la demande en eau est multipliée par sept en été, au moment où la disponibilité en eau n'est qu'au quart de son niveau hivernal. La marine grecque apporte de l'eau en provenance d'autres îles pendant l'été.

Séjour des touristes étrangers dans les pays méditerranéens.

Source : OMT, 1993



1 - Shepstone, T. (1993)

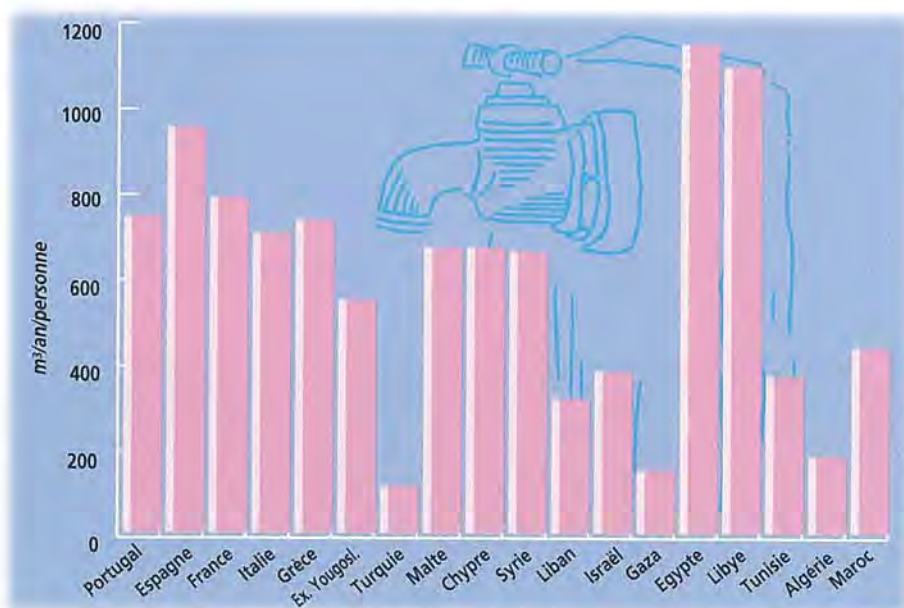


## Agriculture et industrie

**Dans le bassin méditerranéen, 73 % de la consommation d'eau est destinée à l'irrigation. Cette proportion dépasse les 85 % en Lybie, au Maroc, en Syrie, en Tunisie et en Egypte.**

Même dans les pays fortement peuplés et hautement industrialisés, la consommation d'eau pour l'irrigation domine souvent (Espagne 70 % ; Italie 57 % ; Grèce 89 % ; Chypre 88 %). Cette proportion ne tombe au-dessous de la moitié qu'en France (13 %) et en ex-Yougoslavie (5 %), où l'irrigation n'est pas nécessaire à une telle échelle pour l'agriculture, et à Malte (1 %), où l'eau est trop rare pour permettre le développement d'une agriculture irriguée.

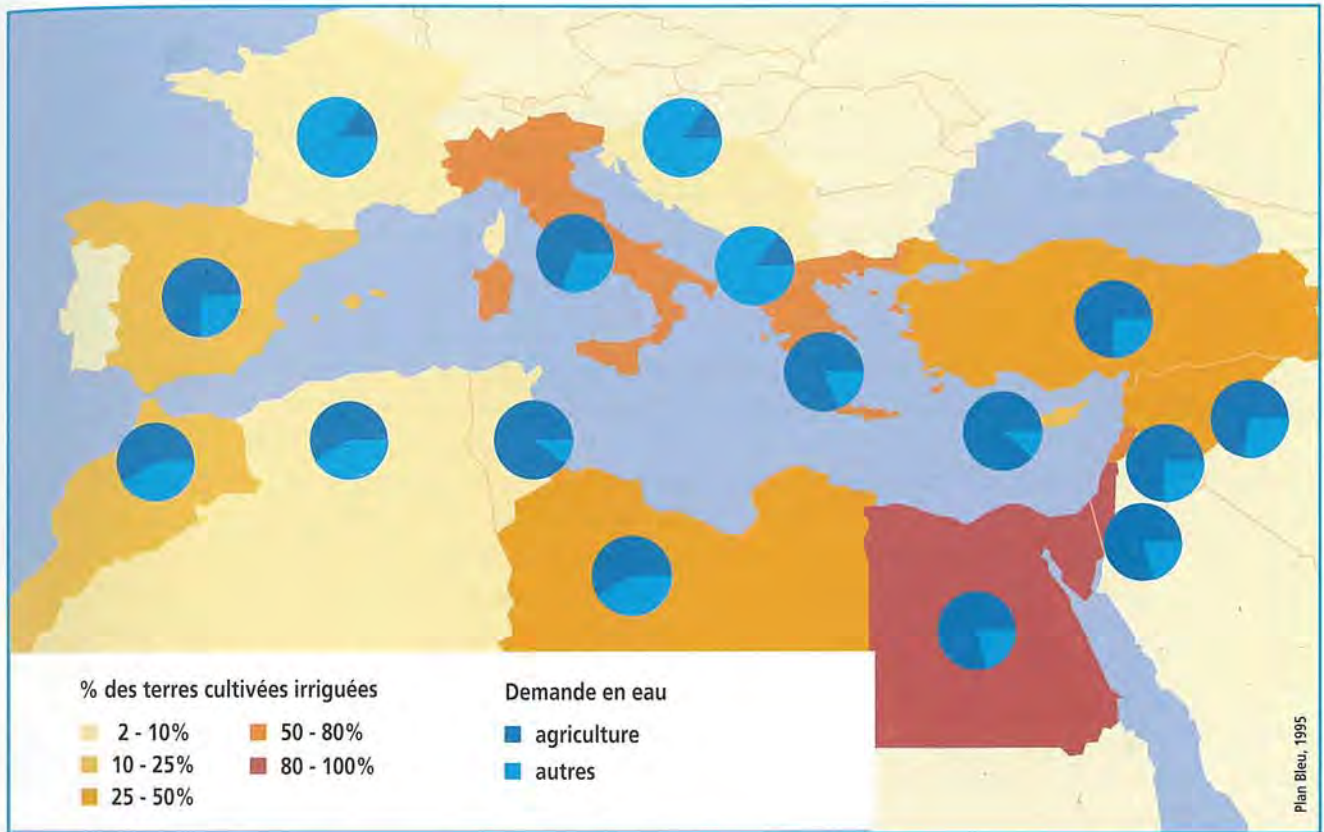
L'influence prédominante de l'irrigation explique que les pays du sud de la région aient l'une des plus fortes demandes en eau par habitant et par an. Les trois premiers sont l'Egypte, avec plus de 1 100 m<sup>3</sup>, la Lybie à plus de 1 000 m<sup>3</sup> et l'Espagne à plus de 900 m<sup>3</sup>.



Demande en eau par habitant.

Source : OCDE

De nombreux pays peu industrialisés ont été amenés à s'assurer une autosuffisance alimentaire aussi grande que possible, et à irriguer des cultures d'exportation grandes consommatrices d'eau, mais lucratives, comme le coton. Malgré tout, le poids de l'agriculture diminue dans de nombreuses économies. En Egypte, la part de l'agriculture dans le PIB\* est tombée de 29 % en 1965, date de l'achèvement du barrage d'Assouan, à 17 % en 1990. Pour la même période, elle est tombée au



Irrigation et demande en eau par habitant dans les pays méditerranéens.

Maroc de 22 % à 16 % et en Tunisie de 20 % à 14 %. En Israël, le secteur agricole représente 60 % de la consommation d'eau, mais ne participe que pour 5 % au PNB\*<sup>1</sup> du pays. Les pénuries d'eau ne peuvent qu'accélérer ces évolutions.

Bien que l'accroissement de la demande en eau ait été une réalité dans la majorité de la région pendant de nombreuses années, il ne s'agit pas d'une fatalité. Israël, l'Espagne, Chypre et l'Italie ont tous réduit significativement leur consommation d'eau dans les années 80.

Dans la plupart des pays, la consommation d'eau pour l'industrie reste mineure mais son importance tend à augmenter. Il peut s'avérer difficile de satisfaire cette demande, car elle est très concentrée. Les usines de pâte à papier algériennes sont par exemple des consommatrices d'eau majeures. Une seule usine prélève 30 millions de mètres cubes par an, de quoi suffire à une ville d'un demi-million d'habitants.

Dans de nombreuses zones existent également des projets ambitieux de développement industriel. En Lybie, le gouvernement prévoit que la demande industrielle en eau sera multipliée par 6 entre 1990 et 2020<sup>2</sup>. Le nouveau Plan de l'eau de la Sicile envisage le quadruplement de la demande industrielle en eau.

1 - Starr, J.R. (1991)

2 - Salem, O.M. (1992)



## Les limites sont atteintes

**Pour pallier le caractère imprévisible de la ressource, de nombreux pays méditerranéens ont construit des barrages réservoirs pour stocker l'eau lorsque le débit des rivières est à son plus haut niveau.**

L'Espagne, par exemple, dispose d'environ un millier de grands réservoirs, construits essentiellement pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable. L'Italie en compte quelque 300.

Cependant, la construction de barrages entraîne une série d'atteintes à l'environnement, du fait du réservoir lui-même par la perte de terres cultivables, et en aval par les changements qu'il provoquera dans le régime hydrologique du cours d'eau. Ces ouvrages barrent aussi la route aux poissons migrateurs tels que l'alose et l'esturgeon qui remontent les cours d'eau vers leur frayère, ils piègent les sédiments, altèrent la température de l'eau du fleuve et ses caractéristiques chimiques et modifient les rythmes des crues qui sont essentielles pour les cycles vitaux des plantes et des animaux en aval.

### Le fardeau de l'excédent en eau

Des excédents théoriques en eau peuvent engendrer leurs propres problèmes, lorsque des voisins épient avidement ce surplus : ainsi l'exemple du Liban où la pluie tombe en abondance dans les régions montagneuses.

Selon le Global Water Summit Initiative (Initiative pour un Sommet Mondial de l'Eau), un groupe washingtonien de réflexion sur les politiques de l'eau, "un système national de stockage, d'ingénierie et de gestion de l'eau pourrait faire du Liban une sorte de "paradis hydraulique" lucratif au Moyen-Orient, s'il y avait une vision à long terme et assez de stabilité pour le réaliser."<sup>1</sup> Un projet à l'étude consiste à détourner l'eau excédentaire du fleuve Litani au sud-Liban pour accroître l'alimentation en eau des palestiniens en Cisjordanie.

Mais le Liban est méfiant. Le Conseil National de la Recherche Scientifique du Liban indiquait en 1994 "qu'il n'y avait aucune raison justifiant que les voisins du Liban puissent croire qu'ils auraient un accès automatique à certaines de ces ressources."<sup>2</sup>

Il est certain que ces ressources théoriques peuvent exiger beaucoup d'argent, de compétence et de stabilité politique pour se transformer un jour en eau potable. Comme Starr le mentionne, "au lieu d'être inondé par de l'eau en abondance, le pays est [actuellement] paralysé par de graves pénuries d'eau à Beyrouth, la salinisation des aquifères côtiers, les terres cultivables négligées par un manque d'eau d'irrigation, et les canalisations et les aquifères fortement endommagés par la guerre civile."

16 - Starr, J. (1991)

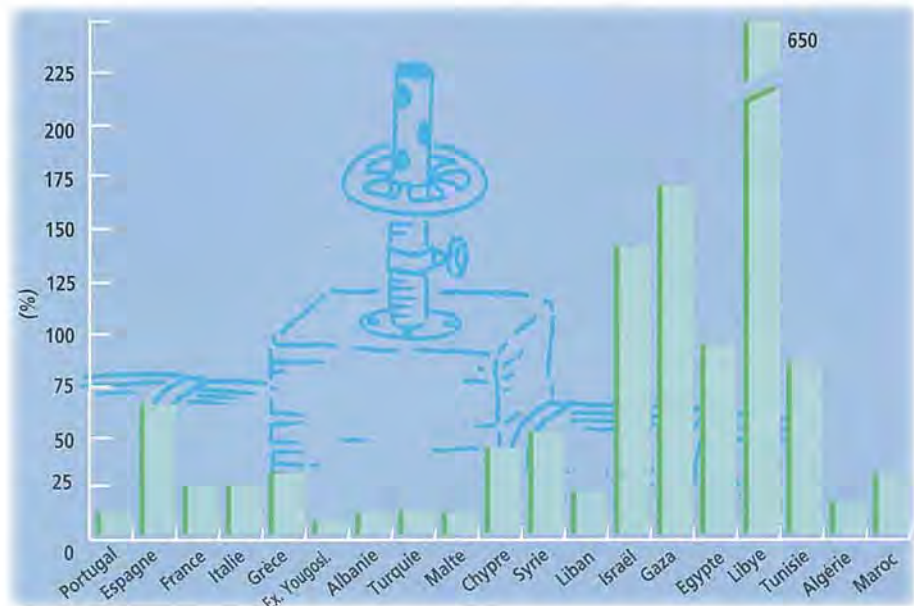
17 - Kouyoumjian, H.H. & A. Rabbat (1994)

## Indice d'exploitation de l'eau

**L'indice national des disponibilités en eau\* mesure sommairement les pressions exercées sur la ressource en eau. Il exprime la quantité d'eau utilisée par l'homme en pourcentage du total théorique des ressources en eau renouvelables.**

Cet indice n'indique qu'approximativement la probabilité de pressions sur l'eau. Il ne tient pas compte de la demande en eau du milieu naturel, pas plus que de la variabilité de l'approvisionnement et de la demande, qu'elle soit saisonnière ou annuelle, et ne révèle pas les pénuries locales ou régionales au sein d'un pays. Il a toutefois le mérite de procurer une première estimation du seuil à partir duquel peuvent apparaître des pénuries d'eau chroniques.

Nous estimons qu'un indice de 50 % constitue le seuil de graves pressions sur les ressources en eau. Dépasser ce seuil signifie que plus de la moitié des ressources théoriques en eau sont utilisées. Plusieurs pays du bassin méditerranéen se trouvent dans ce cas comme la Tunisie (83 %) et l'Égypte (92 %). Certains pays dépassent 100 %. Israël, qui réutilise ses eaux usées, a un indice de 140 %. Gaza, en surexploitant ses eaux souterraines, arrive à 169 %. La Libye obtient le stupéfiant indice de 644 %. Ceci parce que son eau provient à 84 % d'une ressource non renouvelable dans le sous-sol saharien.



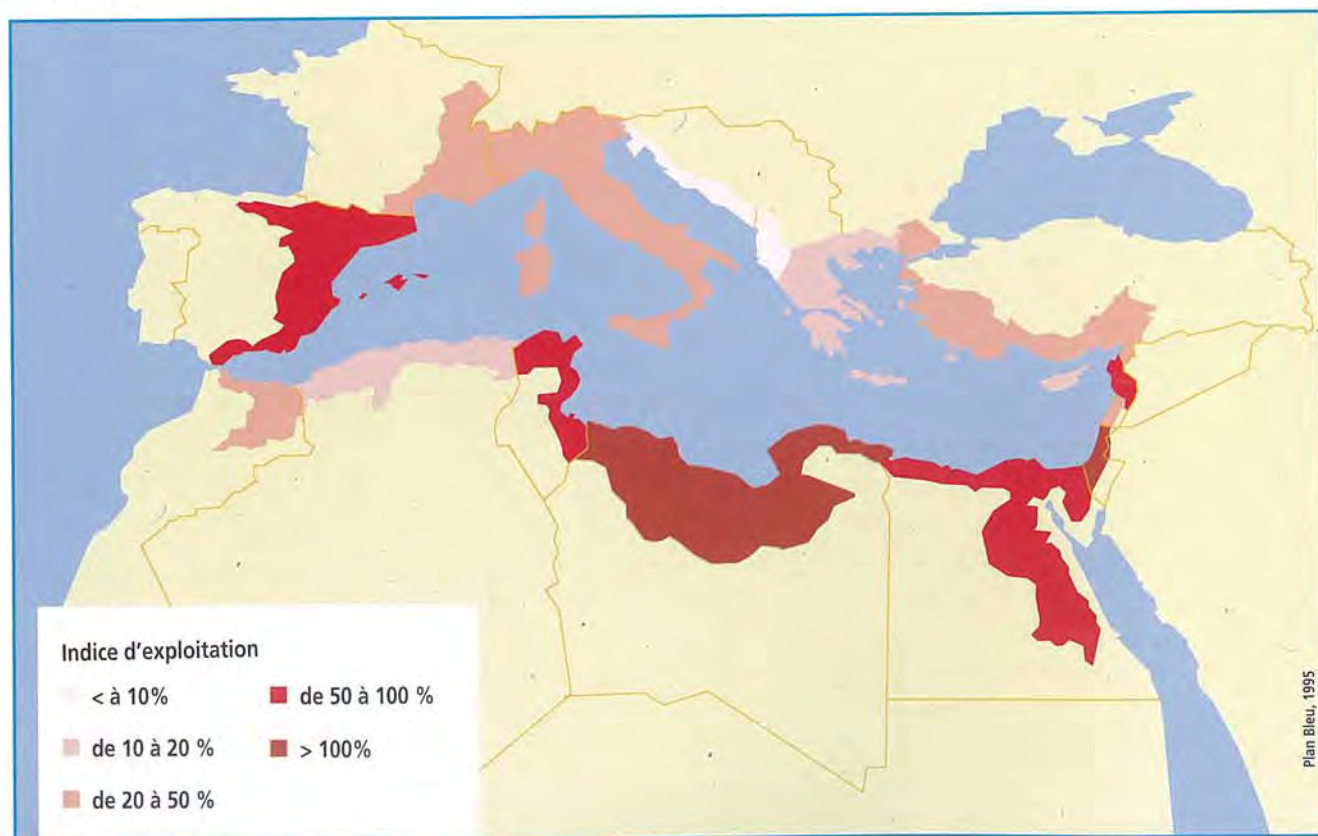
Indices d'exploitation de l'eau dans les limites du bassin versant méditerranéen en 1990.

Source : Plan bleu

Certains pays souffrent de pressions régionales qui ne sont pas révélées par cet indice. La Grèce a un indice d'exploitation de 12 %. Mais la majorité de son eau est à l'ouest, alors qu'il y a une importante demande non satisfaite à l'est, y compris à Athènes et dans les îles. En Espagne, l'indice national n'est que de 31 %, mais l'indice de la partie du pays dont les eaux se jettent dans la Méditerranée est de 64 %. L'Algérie et le Maroc ont tous deux des déficits régionaux aigus masqués par des indices nationaux inférieurs à 40 %.

Les pays à grand excédent d'eau comprennent le Liban, surnommé le "château d'eau du Levant" (indice : 20 %), et la plupart de l'ex-Yougoslavie (indice 2 %). Mais, dans les deux cas, de graves difficultés freinent le développement de ces ressources, les infrastructures ayant été détruites par la guerre.

L'indice d'exploitation de l'eau dans le bassin méditerranéen





Edwards/Still / Bios

## La pollution des cours d'eau

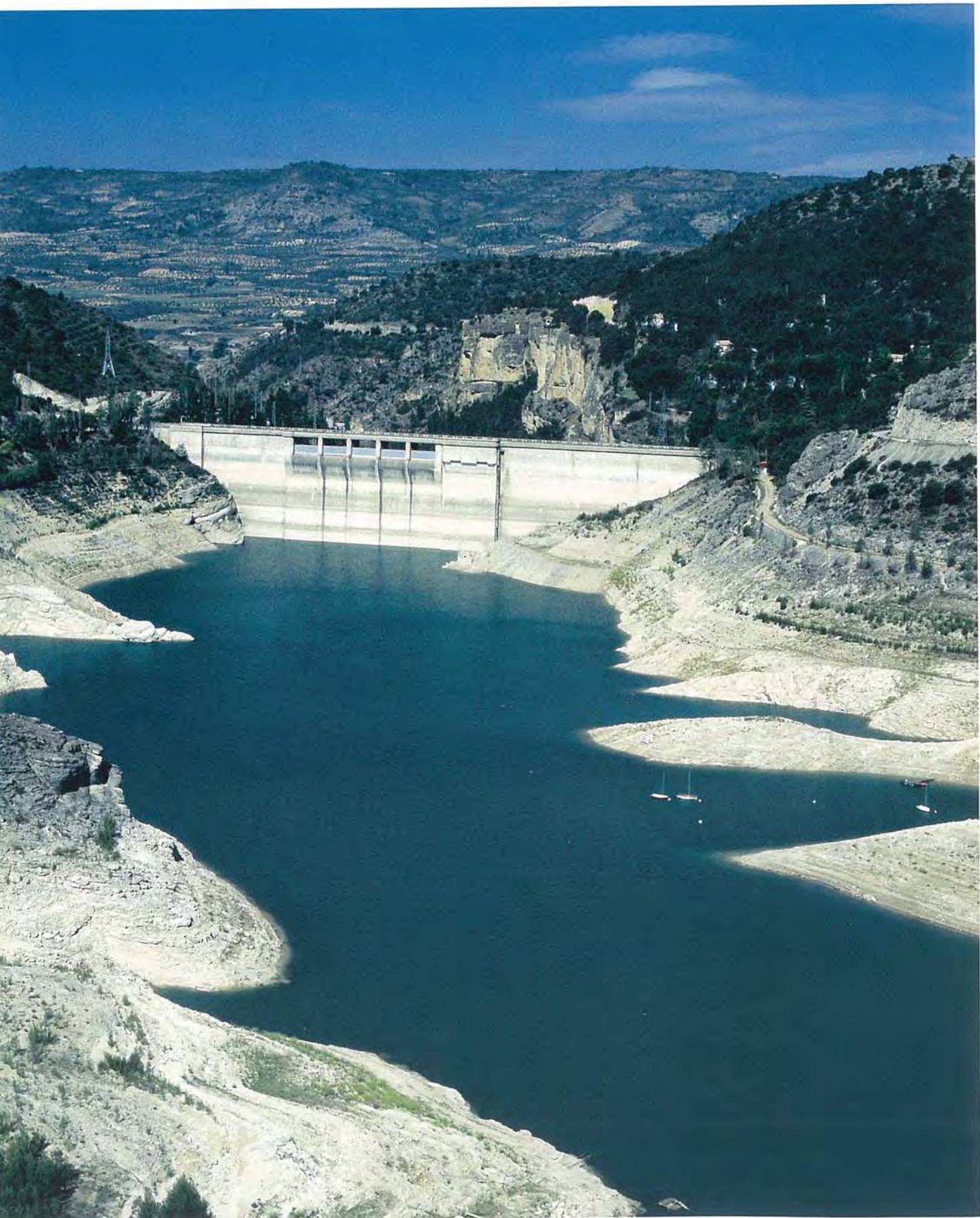
Les villes ont une longue histoire de pollution de leur propre alimentation en eau. La Rome antique souillait si gravement le Tibre qu'au 4<sup>e</sup> siècle avant notre ère l'eau n'y était déjà plus potable. Aujourd'hui, la pollution par les eaux usées interdit le prélèvement de l'eau en aval des agglomérations dans de nombreux cours d'eau, et les systèmes naturels peuvent être dégradés par la pollution.

Le Pô reçoit les eaux usées de 16 millions d'habitants et les effluents de la région agricole la plus productive d'Italie. Milan déverse les effluents de son million et demi d'habitants directement dans le fleuve sans aucune forme de traitement. Du fait de la pollution, le fleuve est largement inapte à la fourniture d'eau potable et son utilisation pour l'irrigation est restreinte. Il véhicule jusqu'aux lagunes côtières des nitrates et phosphates, qui favorisent le développement massif d'algues vertes. La conséquence en est la désastreuse disparition périodique de la vie aquatique dans les eaux des lagunes et jusqu'au large de l'Adriatique.

D'autres zones humides côtières souffrent gravement de la pollution. Parmi elles, le lac de Tunis, le lac Maryut près d'Alexandrie, où 85 % des poissons ont disparu ces 20 dernières années, et la lagune de Manzalah dans le delta du Nil, qui reçoit les eaux usées d'une grande partie du Caire.

De nombreux pays sont conscients de la nécessité de créer de nouvelles stations d'épuration pour traiter les eaux usées et les effluents industriels afin d'améliorer la qualité de l'eau des cours d'eau, mais ils éprouvent des difficultés à susciter la volonté politique pour leur construction et leur entretien ultérieur. Selon des chercheurs de l'Université de Catane, "des 565 stations d'épuration en projet en Sicile, environ 300 ont été construites, mais seules 38 fonctionnent, tandis que le reste a été abandonné par manque total de personnel et de financement." En été, déclarent-ils, les eaux usées non traitées sont déversées dans le lit à sec des cours d'eau, d'où elles s'infiltrent dans les nappes souterraines<sup>1</sup>.

1 - Alicata, P. & R. De Pietro (1994)





# L'exploitation d'une ressource irrégulière

**La combinaison de la croissance démographique, de l'augmentation de la demande et des incertitudes qui pèsent sur l'approvisionnement amplifie la crise de l'eau dans la région.**

La sophistication des techniques d'approvisionnement en eau et l'échelle à laquelle s'opèrent les transferts s'accroissent. Mais ceci a un coût et la part consacrée à l'eau tient une place de plus en plus importante dans les budgets de nombreux pays. Et ce coût ne fera qu'augmenter dans le futur : les ressources en eau non encore mobilisées se trouveront de plus en plus distantes des zones de consommation conduisant ainsi à la nécessité de créer de nouveaux réseaux de transfert.

La régulation de débits imprévisibles s'effectue le plus souvent par la construction de barrages.  
Barrage de Buendía, Espagne.



## Technologies anciennes

**De tous temps, les hommes ont développé des infrastructures complexes pour exploiter, transporter et stocker une eau rare en région méditerranéenne.**

Les Mésopotamiens établirent la première grande civilisation de l'histoire dans le désert, en gérant les fleuves du Tigre et de l'Euphrate. Les anciens Egyptiens canalisèrent les crues du Nil pour irriguer leurs champs si efficacement que, dans un pays pratiquement dépourvu de précipitations, la densité démographique atteignait 180 habitants au kilomètre carré dans la vallée du Nil, soit le double d'un pays développé comme la France actuelle.

Il y a plus d'un millier d'années, des centaines de réseaux de tunnels furent creusés dans les collines de la Cisjordanie pour capter l'eau. Ils ont arrosé des orangeries pendant 2 000 ans avant d'être abandonnés lors de l'exode des Palestiniens en 1948 et 1967.

Ailleurs dans les déserts de la région, des systèmes agricoles complexes furent aménagés pour capter les crues subites sporadiques afin d'arroser les cultures. Une étude de l'Unesco a découvert des champs et des systèmes d'irrigation abandonnés dans les oueds du désert lybien, où la pluviosité actuelle est inférieure à 25 mm par an. Des murets détournaient les crues vers les champs où poussaient le blé, l'olivier et la vigne dont les produits étaient vendus à l'Empire romain. Il y a 1 500 ans, les rois Nabatéens avaient aussi construit des murs dans le Neguev pour capter les pluies et détourner l'eau dans les champs aux alentours de cités comme Petra, leur capitale.

Plus remarquables encore, les longs tunnels, mesurant habituellement 5 kilomètres, qui s'enfoncent profondément dans les coteaux dans toute la région. Ils captent les eaux souterraines et les transportent par gravité aux fermes et aux villages.

Les Perses, qui inventèrent ces tunnels, les appelaient qanats\*. Ils sont toujours utilisés à Chypre et en Egypte. Au Maroc, autour de Marrakech et de la région présaharienne méridionale de Rhettaras, ainsi que dans le Sahara algérien, ils sont encore "le pilier de l'agriculture rurale" entourant de nombreuses oasis, selon Jean Bisson de l'Université de Tours. Des galeries creusées captent la plupart des eaux souterraines dans les collines de Malte et puisent l'eau des collines de la Cisjordanie<sup>1</sup>.

Selon David Gilbertson, archéologue de l'Université de Sheffield en Grande-Bretagne, la fréquence des installations anciennes dans les terres semi-arides de l'Afrique du Nord suggère que la sagesse des anciens à mettre en valeur ces paysages était plus conséquente que la nôtre. Mais, bien sûr, leurs besoins étaient bien moindres.

<sup>1</sup> - Riolo, A. (1990)

# L'exploitation d'une ressource irrégulière

Des pompes puissantes sont nécessaires pour extraire l'eau des nappes aquifères.



P. Bertrand / Bios

## Réservoirs, barrages et pompes

**L'ère moderne de l'approvisionnement en eau a été dominée par deux développements technologiques : les forages et les barrages.**

La construction de barrages a souvent été très intense sur les îles. En effet, elles tendent à avoir une forte densité de population et ont peu d'opportunités d'importer de l'eau à bon prix de zones moins peuplées. Chypre n'a pas construit de barrage important avant 1960, mais aujourd'hui, ils sont implantés sur la plupart des fleuves de cette île et leur capacité de stockage excède les 300 millions de mètres cubes.

En premier lieu, les sources naturelles, les puits et les qanats ont été abandonnés en tant que procédé principal d'extraction des ressources en eau souterraines au profit de forages utilisant des moteurs thermiques.

Des pompes bon marché ont radicalement accru la capacité des agriculteurs, à l'exception des plus pauvres, à extraire l'eau du sous-sol. En Tunisie, par exemple, le nombre de puits a triplé, passant de 20 000 à 60 000 entre 1960 et 1980, et presque doublé avant 1990 pour atteindre les 110 000<sup>1</sup>.

La technologie a également permis le développement de forages pouvant exploiter l'eau à grande profondeur – jusqu'à un kilomètre par endroit. De tels forages peuvent fournir de l'eau pendant les périodes de sécheresse si le niveau de la nappe phréatique décroît et que les puits superficiels et les forages se tarissent. Malgré cet avantage, seuls cinq pays de la région extraient la majorité de leur eau des aquifères : Malte, Israël, la Tunisie, la Lybie et la bande de Gaza. Les autres se basent principalement sur le prélèvement de l'eau des fleuves.

Le second développement majeur a consisté en la construction de grands barrages qui entravent le flux des grands fleuves pour stocker l'eau et produire du courant électrique.

*1 - Barrocu, G. & P. Puddu (1994)*

Les barrages n'assurent souvent qu'une faible part des nombreuses fonctions remplies par les zones humides naturelles. Barrage de Villefort, France.



Les grands barrages sont conçus pour harmoniser l'offre et la demande d'eau. En général, cela implique de retenir l'eau durant la saison humide et de la stocker dans des réservoirs pour l'utiliser durant l'été long et chaud quand la demande, particulièrement pour l'irrigation et le tourisme, est à son maximum.

Le plus grand barrage de la région est celui d'Assouan sur le Nil près de la frontière égyptienne avec le Soudan. Sa capacité est de 150 km<sup>3</sup> environ et il peut retenir l'équivalent de plus d'un an du débit du fleuve. Ses fonctions sont de produire de l'hydroélectricité et de stocker les crues annuelles pour les relâcher en aval tout au long de l'année, favorisant une irrigation permanente des champs de la vallée du Nil.

Sur d'autres fleuves, il a suffi également d'un seul barrage pour transformer le régime hydrologique du cours d'eau. Le barrage Mequinenza sur l'Ebre en Espagne en est un exemple. Mais souvent l'impact est cumulatif. Le Rhône en France compte 48 barrages hydroélectriques et de nombreux systèmes de dérivation de l'eau, le Guadalquivir en Espagne méridionale en compte 30.

Actuellement l'eau superficielle recueillie par les barrages constitue la première source d'approvisionnement en eau en Italie, Espagne, Tunisie, Lybie, Egypte et dans le Maghreb. Le Maroc s'est orienté vers cette politique de barrages au cours de son programme de grands investissements pour les infrastructures hydrauliques.

La plupart des villes et des agglomérations italiennes sont alimentées par des barrages dans les montagnes des Apennins. La Sardaigne compte 35 réservoirs d'une capacité totale de 1,7 milliards de m<sup>3</sup>, ce qui représente la plus forte densité de la région méditerranéenne et prévoit d'en construire 38 de plus avant 2040<sup>1</sup>.

1 - Lytras, C. & N. Tsiourtis (1990)

# L'exploitation d'une ressource irrégulière

## Transferts de l'eau

**Que l'eau soit prélevée des cours d'eau ou du sous-sol, il faut généralement la transporter pour son utilisation, parfois sur de fort longues distances.**

Les premiers canaux distribuaient l'eau dans le delta du Nil, il y a plus de 4 000 ans. Mais les Romains furent les premiers à être passés maîtres dans la construction des aqueducs. La ville de Rome commença à s'approvisionner en eau pure des sources des collines en 312 avant J.C. Par la suite, la cité construisit 11 conduites d'une longueur totale de 500 kilomètres. La Carthage romaine puisait son eau aux sources situées aux pieds de montagnes à 50 kilomètres à l'intérieur des terres. Le Pont du Gard dans le sud de la France fournissait de l'eau à Nîmes distante de 50 kilomètres.

Les anciens Romains construisirent également des canaux afin de capter l'eau du Pô dans l'Italie septentrionale pour irriguer les champs. La Jérusalem antique utilisait aussi les aqueducs et les tunnels pour alimenter la cité à partir de sources éloignées.

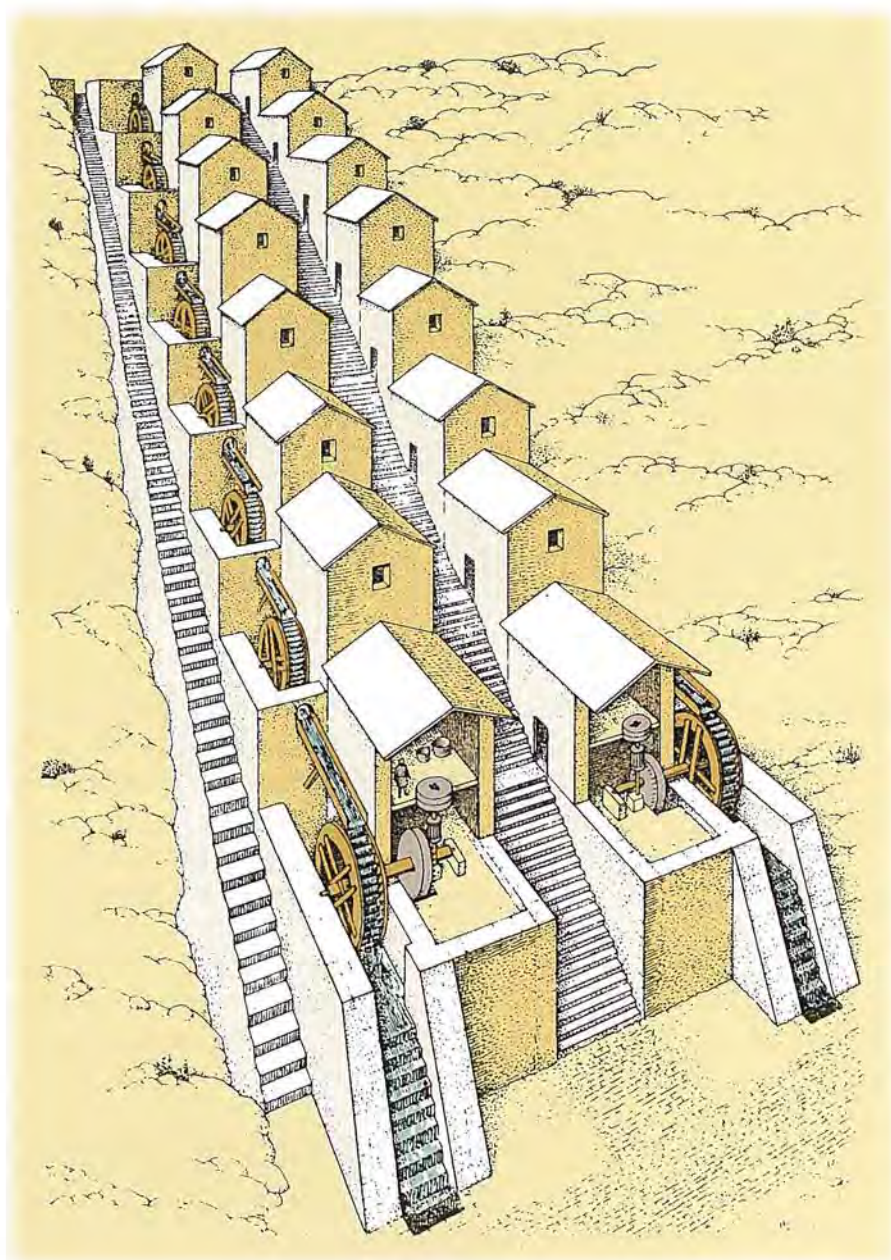
De grands réseaux d'irrigation furent construits dans l'est de Espagne au premier siècle de notre ère. Ils furent étendus par les Romains puis ensuite à l'époque maure. Cordoba, capitale de l'Espagne maure, entièrement dépendante de l'irrigation, fut probablement la première ville du monde à dépasser le million d'habitants. Nombre de ces canaux et réseaux de distribution fonctionnèrent jusqu'au milieu de ce siècle<sup>1</sup>.



Le transfert d'eau d'une région à une autre est une opération coûteuse et qui de plus occasionne des pertes par évaporation très importantes. Aragon, Espagne.

G. Lopez / Bios

1 - Bultzer, K. (1985)



Meunerie romaine de Barbegal,  
France.

Source : A roman factory by A.  
Trevor Hodge

Copyright Nov 1990 - Scientific American Inc.  
Tous droits réservés

Les transferts modernes de l'eau se font souvent sur une plus vaste échelle encore. Ils distribuent les eaux des grands barrages et recueillent en même temps l'eau de sources variées pour alimenter les grandes cités.

De tels transferts ne se contentent pas de déplacer l'eau au sein d'un système hydrographique. Au fur et à mesure, ils déplacent l'eau entre les bassins et ceci est à l'origine d'autres problèmes hydrologiques et écologiques, avec l'assèchement de cours d'eau et de zones humides, et le risque de bouleversement des écosystèmes par l'introduction de nouvelles espèces.

# L'exploitation d'une ressource irrégulière

Le projet Melen en Turquie alimente Istanbul distante de 180 km. En Italie, de récents transferts ont été construits à partir de réservoirs sur les fleuves Fortore et Sinni<sup>1</sup>. En Tunisie, le canal Majerdah, long de 160 kilomètres, alimente en eau potable Tunis et Sfax, irrigue Mornag, et alimente l'irrigation et les infrastructures touristiques au Cap Bon. Un seul barrage près de Rabat au Maroc, le réservoir Bou-Regreg, alimente en eau à la fois la capitale et une zone fortement peuplée s'étendant sur 120 kilomètres le long du littoral atlantique. L'eau du fleuve Oun-Rbia approvisionne les systèmes d'irrigation à Haouz dans le Sud<sup>2</sup>.

Israël canalise la plupart de son eau dans un National Water Carrier (Transporteur National d'Eau) et l'Espagne met en œuvre le Transfert Tajo-Segura, pour échanger les eaux de ces deux fleuves, l'un coulant à l'ouest, l'autre se jetant dans la Méditerranée.

A Chypre, l'eau charriée par la plupart des fleuves de la partie sud de l'île est canalisée, grâce à des barrages, dans le Southern Conveyer (Transporteur Méridional). Cet aqueduc, d'un coût de 400 millions d'US \$ traverse presque la totalité de l'île d'ouest en est, alimentant l'agriculture dans l'ouest, les infrastructures touristiques autour de Famagouste dans l'est, et la demande croissante de la capitale, Nicosie.

A partir de 1996, Athènes bénéficiera de 200 millions de m<sup>3</sup> annuels d'eau supplémentaires grâce à un nouveau transfert impliquant quatre grands aqueducs et un nouveau tunnel de 30 kilomètres qui reliera la cité à un barrage de 100 mètres sur l'Evinos qui coule vers l'ouest. Ces aménagements auxquels s'ajoute un détournement d'ouest en est sur l'Achéloos réduiront drastiquement le débit vers l'une des zones humides les plus importantes du bassin méditerranéen, la lagune de Mésolonghi.

## De l'eau potable par voie maritime

Les transferts ne se font pas uniquement par le biais de canalisations fixes. On utilise des bateaux pour apporter de l'eau aux îles grecques en été. La Société des Eaux de Marseille a dernièrement approvisionné la Sardaigne et, Gibraltar, encore récemment, recevait une bonne partie de son eau par transport maritime.

Au début de 1995, l'administration israélienne en charge de la gestion de l'eau annonçait qu'elle espérait conclure un accord financier avec le gouvernement turc pour l'achat de 60 millions de m<sup>3</sup> d'eau potable par an. L'eau sera captée dans les barrages sur les fleuves turcs qui se jettent dans la Méditerranée, et livrée par des tankers spécialement aménagés ou dans des conteneurs géants en plastique, appelés méduses.

1 - Boutayeb, N. (1992)

2 - Margai, J. (1992)

## Grands travaux

**Le Great Man-Made River Project libyen (Grand Projet de Fleuve Artificiel) est l'un des projets les plus ambitieux. Cet immense système de canalisations prélèvera l'eau fossile à partir de puits de 450 mètres de profondeur dans le lointain désert saharien et la transportera vers les cultures du littoral.**

A longue échéance, ce mode d'approvisionnement n'est pas viable. Les puits se tariront ou le coût du pompage deviendra prohibitif. Mais la Lybie espère prélever de l'eau sous le désert pendant un siècle ou plus, avant de développer d'autres sources, comme le dessalement de l'eau de mer.

La première canalisation qui va de Sarir dans le désert oriental du pays à la côte a été inaugurée en 1991. Le contrat de pose des canalisations d'un montant de 3,3 milliards d'US \$ pour la première phase fut, en son temps, le plus grand contrat de génie civil jamais passé dans le monde. Ce "fleuve" est presque aussi long que le Rhin et assez large pour le passage d'un camion. Le temps de parcours de l'eau dure neuf jours.

Le projet prévoit de s'enfoncer plus avant dans le désert, jusqu'à l'oasis de Kufra, et de construire un deuxième "fleuve" à partir de l'aquifère Murzuk situé sous le désert à l'ouest de Jefara.



Le "Great Man-Made River Project",  
Lybie.



# L'exploitation d'une ressource irrégulière

Ces deux canalisations qui représentent un investissement évalué à 27 milliards d'US \$, transporteront plus de 2 km<sup>3</sup> par an. Elles pourront par la suite être raccordées le long du littoral.

Un nombre croissant de projet de même envergure a été proposé pour le transfert de l'eau dans la région. Mais jusqu'à présent, la plupart n'ont pas vu le jour. En 1994, la Lybie a suggéré de poser des canalisations à travers la Méditerranée, qui transporterait le pétrole et le gaz vers le nord et l'eau au sud.

Le président égyptien Sadate proposa autrefois d'étendre les canaux du Nil à travers le Sinaï pour fournir de l'eau aux Palestiniens assiégés et assoiffés. En 1986, la Turquie proposa une "canalisation de la paix" prélevant l'eau des fleuves Seyhan et Ceyhan, qui se jettent tous deux dans la Méditerranée. Cette canalisation aurait traversé le Moyen-Orient, arrosant toute la région depuis le désert israélien du Neguev jusqu'aux pays du Golfe. Ce projet a été abandonné mais a débouché sur l'idée plus modeste d'envoyer l'eau par bateau à Israël.

Afin d'alimenter leurs centres urbains, les Romains étaient passés maîtres dans la réalisation d'ouvrages d'art permettant la diversion des cours d'eau.  
Pont du Gard, France.





# Conflits et Changements

**La croissance rapide de la demande en eau est une source inévitable de conflits, particulièrement lorsque son utilisation est considérée comme “non essentielle” ou ne profitant qu’à peu de gens, ou comme un “vol” de la part de communautés ou de pays voisins.**

En Tunisie, le conflit entre l’agriculture et le tourisme s’intensifie dans la région du Cap Bon où ont été construits ces dernières années des hôtels offrant au total une capacité d’accueil supérieure à 100 000 lits. Ils se disputent l’eau de la nappe aquifère locale, déjà surexploitée pour satisfaire les besoins agricoles.

Au Maroc, les infrastructures tant touristiques qu'industrielles autour de Casablanca exercent une pression sur les ressources en eau actuellement utilisées pour l'irrigation. Ce qui n'a pas empêché le gouvernement de concevoir un projet national pour accroître la surface du territoire irrigué au-delà d'un million d'hectares à la fin de la décennie, programme dénommé "la Politique des Barrages".

Des conflits locaux peuvent apparaître entre les utilisations écologiques et agricoles, par exemple, à propos des zones humides. Certains conflits, notamment ceux qui ont pour objet les projets de transfert de l'eau, opposent les régions d'un même pays. En Espagne, le gouvernement régional d'Aragon s'est irrité des propositions figurant dans le Plan hydrologique national espagnol de transférer l'eau de son fleuve l'Ebre, le plus long du pays, vers le sud. Le gouvernement central estime quant à lui que la région fait preuve "d'un manque de solidarité".

En Grèce, les riverains de l'Achéloos luttent pour conserver l'eau de leur fleuve, qui fournit l'électricité, arrose les champs et alimente les zones humides du Mésolonghi situées à son embouchure. Ils s'opposent à un projet d'un coût de 1,8 milliard d'US \$ visant à détourner une partie du débit du fleuve. Le Gouvernement veut détourner les eaux par un tunnel sous les montagnes du Pinde vers le fleuve Pinios. De là, elles irrigueraient quelque 200 000 hectares de riz, de tabac et de cultures maraîchères dans la plaine de Thessalie<sup>1</sup>.



L'Ebre : un fleuve objet de convoitise, un delta en régression.

© Institut Cartogràfic de Catalunya

1 - Anonyme, *World Water Journal*, (1992)

## Conflits internationaux

**Les frontières politiques et hydrologiques ne se recoupent pas souvent. Au contraire, les frontières nationales passent parfois au milieu des fleuves comme le Danube et les fleuves qui passent d'un pays à un autre sont fréquents. Ainsi, le Rhône passe de Suisse en France, le Jourdain traverse la Syrie, Israël, la Jordanie et la Cisjordanie.**

Les 30 dernières années ont été le théâtre d'un conflit incessant entre Israël et ses voisins à propos du Jourdain. En 1964, Israël a détourné de la mer de Galilée une part importante du débit du fleuve. Celui-ci se déverse maintenant dans un "nouveau" Jourdain, "Israel's National Water Carrier" (Transporteur d'eau National d'Israël), qui alimente les grandes villes israéliennes et dessert même le désert du Néguev dans l'extrême sud du pays.

### L'eau de Cisjordanie

L'aquifère de la Cisjordanie est l'une des plus importantes ressources en eau d'Israël/Palestine. La nappe est alimentée en eau par les pluies qui tombent sur les collines de Cisjordanie. Mais elle s'étend sous Israël et finit par se perdre en Méditerranée. Comment les deux nations géreront-elles conjointement cette ressource vitale pour une répartition équitable lorsque la zone fera partie du futur Etat palestinien ?

Les villes et villages palestiniens puisent actuellement l'eau des sources et des puits superficiels dans les collines. Les israéliens l'extraient par des forages profonds pour alimenter les nouvelles colonies de Cisjordanie, et par des forages sur les territoires israéliens près de la côte.

Israël prélève plus de 300 millions de m<sup>3</sup> par an de l'aquifère, les villages palestiniens beaucoup

moins, quoique la quantité précise soit contestée. Quoi qu'il en soit, les hydrologues s'accordent pour dire que la ressource est déjà surexploitée d'au moins 100 millions de m<sup>3</sup>/an. Depuis 25 ans, les autorités israéliennes se sont servies de cet argument pour empêcher les communautés palestiniennes de creuser de nouveaux puits<sup>1</sup>.

Tout ceci, selon les hydrologues palestiniens, a entraîné une diminution de la surface des terres agricoles palestiniennes irriguées de 27 % avant l'occupation à 4 % au début des années 1990, alors que les colons israéliens de la Cisjordanie irriguent 70 % de leurs cultures. Les ingénieurs hydrauliciens israéliens admettent que dans certains endroits, tels que le village de Jiftlik dans la vallée du Jourdain et Bardada près de Naplouse, les forages israéliens creusés profondément dans les aquifères ont tari les puits superficiels arabes, créant des conflits locaux<sup>2</sup>.

1 - Nordell, D. (1991)

2 - Pearce, F. (1991)



Le Jourdain fournit maintenant 40 % de l'eau en Israël. Mais le débit résiduel au sud de la mer de Galilée n'est plus que le quart de son niveau de 1950, et se concentre surtout après les fortes pluies sporadiques. Le flux vers la Mer Morte, de plus en plus irrégulier et salin, est peu utile aux agriculteurs de la Cisjordanie, qui en dépendaient autrefois pour irriguer leurs champs.

La Jordanie a essayé de remplacer cette eau en barrant sa dernière source d'eau superficielle, le Yarmuk, un affluent du Jourdain. Mais le projet a été bloqué par l'hostilité au détournement proposé et par la Syrie, qui a déjà capté une grande part du flux du fleuve loin en amont.

Les cités-états de la Mésopotamie se livrèrent les premières guerres de l'eau.

Aujourd'hui, l'Égypte, qui utilise la majorité du débit du Nil, vit dans la crainte constante que ses voisins en amont comme l'Éthiopie ne commencent à l'exploiter pour leur propre usage.

Boutros Boutros Ghali, secrétaire-général de l'ONU et ancien ministre des Affaires Étrangères d'Égypte, a fréquemment averti que la prochaine guerre dans la région se livrera sur le Nil.

Les aquifères traversent eux aussi fréquemment les frontières nationales. C'est même dans ce cas que le potentiel de conflits s'aggrave encore parce qu'un aquifère, une fois vidé, peut mettre des siècles ou des millénaires à se reconstituer ou même ne jamais se réapprovisionner. Les données de base d'évaluation de la ressource sont également matière à litige : combien un aquifère contient-il d'eau, quels sont les taux de recharge, d'où provient la recharge, etc.

Les conflits au sujet des eaux souterraines peuvent particulièrement s'envenimer lorsqu'il s'agit de l'exploitation par un pays de réserves fossiles s'étendant sous le territoire d'un voisin. En pompant l'eau de l'aquifère sous son propre territoire, il peut commencer à assécher définitivement l'eau sous le territoire de son voisin.

Les grands aquifères d'eau fossile sous le Sahara sont une cause potentielle majeure de conflits à venir à propos de l'eau. L'aquifère artésien\* de l'Erg oriental, au sud des montagnes de l'Atlas, s'étend ainsi sur deux pays, l'Algérie et la Tunisie.

L'aquifère nubien est sous-jacent à certaines zones de la Lybie, de l'Égypte et du Soudan, et on estime qu'il contient 6 000 km<sup>3</sup> d'eau. Seule la Lybie l'exploite pour le moment mais à une échelle massive. Selon un rapport de la Banque Mondiale sur la région, "on peut craindre que ceci puisse diminuer substantiellement les réserves souterraines des deux autres pays riverains". Déjà, on se plaint de ce que le pompage lybien tarisse les oasis égyptiennes<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> - Anonyme, World Bank (1994)

## Surexploitation des aquifères

**La surexploitation des aquifères – c'est à dire pomper plus d'eau que la nature ne peut en renouveler – est une pratique courante dans la région. Dans les aquifères côtiers, la surexploitation peut ruiner les sources d'eau douce par intrusion d'eau de mer. Une pollution de ce genre peut mettre des décennies ou des siècles à disparaître.**



J. Roché / Bios

Pendant des siècles, la mise en œuvre de méthodes traditionnelles a permis l'utilisation durable des nappes phréatiques.

L'aquifère de la vallée de Jefara en Lybie en est un exemple classique. Le pompage de l'aquifère, surtout pour l'agriculture, a été multiplié par sept entre 1958 et 1973 et a ensuite presque doublé. Avant 1987, le volume pompé représentait le triple de la recharge annuelle, avec un déficit annuel de plus de 500 millions de m<sup>3</sup>/an. Une intrusion saline massive s'ensuivit.

Les puits superficiels dans la zone humide tunisienne de Garaet El Haouaria qui fut convertie à l'agriculture irriguée il y a une génération, sont maintenant abandonnés car la baisse de niveau de la nappe phréatique a favorisé l'intrusion saline<sup>1</sup>.

Les îles, avec leurs littoraux importants, sont particulièrement vulnérables. A Malte, l'intrusion d'eau saline donne un goût légèrement salé à l'eau du robinet dans une grande partie du pays. Les concentrations de chlorure de sodium atteignent jusqu'à 150 mg/l. Une récente étude de modélisation\* effectuée par le gouvernement concluait qu'une diminution de 40 % du prélèvement des aquifères était nécessaire avant que le sel ne puisse commencer à être éliminé des aquifères.

### Barrages et hydrologie

Les barrages ont sensiblement modifié les cycles hydrologiques des cours d'eau qu'ils entravent. Evidemment leur fonction est de mettre en réserve l'eau en période d'abondance pour que l'homme l'utilise quand il en a besoin. Brutalement, la crue annuelle du Nil, qui dévalait autrefois la vallée en mai, coulant à flots sur les champs ou dans la Méditerranée, a été remplacée par un flux régulier tout au long de l'année.

Mais, les barrages modifient également l'alimentation des zones humides et des aquifères. Ils peuvent cependant être conçus de manière à préserver les écosystèmes naturels et les aquifères. En ralentissant l'écoulement trop rapide de l'eau vers la mer, ils permettent ainsi à plus d'eau de s'infiltrer dans les sols et ainsi d'alimenter les zones humides et les aquifères. Jusqu'à maintenant, la tendance a été à la construction de barrages sur des substrats imperméables ; peut-être le temps est-il venu de projets accentuant l'infiltration au lieu de l'empêcher.

<sup>1</sup> - Mangion, J. (1994)

La surexploitation de l'aquifère des "Tablas de Daimiel" en Espagne met en péril l'existence même de cette zone humide.



F. Marquez / Bios

Le programme de Développement de l'ONU relevait en 1993 que l'aquifère de Gaza est surexploité et salé au point que les puits deviennent inutilisables et l'eau imbuvable et en certaines zones impropre même à l'irrigation.<sup>3</sup>

Dans la totalité de la Terre Sainte, les aquifères ont été surexploités ces dernières décennies. Trop de prélèvements ont été effectués dans les aquifères côtiers et ceux de Cisjordanie, avec pour conséquence des effets irréversibles. En Israël, le niveau superficiel de l'aquifère côtier, qui fournit 20 % de l'eau du pays, est passé de 5 mètres au-dessus du niveau de la mer à, par endroits, un niveau inférieur à celui de la mer. Comme l'eau de mer s'infiltré dans l'aquifère, les concentrations salines sont montées à 150 mg/l, avec 10 % de puits dépassant 250 mg/l (la limite pour une agriculture normale) et 50 % qui dépasseront cette teneur dans les 25 ans, selon le Ministère israélien de l'Environnement<sup>1</sup>. De nombreux puits ont été fermés. Des chercheurs de l'Université Hébraïque de Jérusalem affirment que l'intrusion d'eau salée détruit la structure en nid d'abeille des roches elles-mêmes, endommageant en permanence la capacité de l'aquifère à retenir l'eau<sup>2</sup>.

L'aquifère côtier d'Israël s'étend sous la bande de Gaza. Les eaux souterraines sont déjà surexploitées aux deux-tiers, bien que la région ait le plus faible taux de consommation d'eau par habitant.

Amman, la capitale de la Jordanie, privée des eaux du Jourdain, s'est tournée de plus en plus vers l'eau souterraine. Le niveau de la nappe phréatique sous la ville a baissé de 3 mètres par an durant les années 80. Joyce Starr du GWSI estime "qu'Israël, la rive occidentale, Gaza et la Jordanie doivent faire face à un déficit combiné en eau d'au moins 300-400 millions de m<sup>3</sup>/an."

Les problèmes d'utilisation des ressources en eau de cette région sensible peuvent préfigurer la tournure des événements dans d'autres zones du bassin méditerranéen si la demande en eau continue de s'accroître.

1 - Gabbay, S. (1994)

2 - Nativ, R. (1988)

3 - Anonyme, *World Water Journal*, 1993



## Transport des sédiments

**De nombreux réservoirs sont loin d'être des sources permanentes d'eau et d'énergie hydroélectrique. L'accumulation de sédiments derrière la digue est leur talon d'Achille.**

Dans le Maghreb et une bonne partie de l'Espagne, la perte en sol peut dépasser 2 000 tonnes par km<sup>2</sup>. La majorité des réservoirs construits ou en projets dans la région risquent donc d'être hors d'usage avant la fin du 21<sup>e</sup> siècle à moins qu'ils n'aient été spécialement conçus pour relâcher les sédiments accumulés.

Tous les cours d'eau charrient des matériaux solides, arrachés aux coteaux par leur courant. Comme celui-ci est ralenti aux abords du réservoir, les sédiments se déposent et occupent lentement l'espace destiné au stockage de l'eau. A la fin du processus, les turbines peuvent s'obstruer.

Une gestion intelligente du réservoir – comme de laisser passer les premières crues lourdement chargées en sédiments – peut prolonger la durée de vie du réservoir. Le reboisement et d'autres mesures propres à réduire l'érosion des sols sur le bassin versant peuvent également y concourir. Mais la majorité des réservoirs finissent un jour par se combler – la question est de savoir à quelle vitesse.

Au Maroc, quelques 800 millions de m<sup>3</sup>, soit 8 % de la capacité totale des réservoirs, ont été perdus par comblement en 1990. Trois réservoirs ont déjà perdu plus de la moitié de leur capacité. Les barrages algériens avaient perdu 11 % de leur capacité avant 1990, un chiffre qui devrait monter à 24 % en 2010. Une étude des réservoirs tunisiens a montré que l'accumulation de sédiment diminuait leur capacité de 1 à 2,5 % par an<sup>1</sup>.



En région aride, durant les crues subites, les cours d'eau se transforment en torrents de boue. Maroc.



En retenant le limon, les barrages empêchent également sa dispersion en aval. Dans les plaines inondables et les deltas fluviaux, le limon est une ressource vitale qui fertilise les sols et apporte de nouveaux matériaux pour préserver les formations côtières, telles que deltas, bancs de sable et lagunes. Privées de l'apport de limon, ces formations s'érodent et laissent pénétrer les eaux salées.

Ce processus se produit déjà sur le Nil, depuis la construction du barrage d'Assouan (voir ci-dessous) et sur l'Ebre en Espagne. Depuis l'achèvement du barrage Mequinenza en 1972, la quantité de limon charriée par le fleuve jusqu'à son delta a chuté de 20 millions de tonnes par an à seulement 3 millions. Le delta, qui jusqu'alors était en expansion, a commencé à régresser de presque 50 mètres par an.

## Les limons du Nil

Pendant des milliers d'années, le limon charrié par le Nil a été vital pour la création de son delta et la fertilité des sols tout au long de sa vallée. Le Nil charrie environ 130 millions de tonnes de limon durant sa crue boueuse. Avant la construction du barrage d'Assouan dans les années 60, entre 10 et 15 millions de tonnes recouvraient les plaines inondables du Nil et son delta d'une couche d'un millimètre environ par an. Mais depuis 1964, peu de limon traverse le barrage.

Des centaines d'années s'écouleront avant que la capacité du réservoir lui-même soit sérieusement diminuée. Mais la réduction de la charge limoneuse en aval pourrait se révéler finalement fatale au delta du Nil, qui représente les deux-tiers des terres agricoles de l'Égypte. Selon des chercheurs du Smithsonian Institute de Washington, le delta souffre d'une "érosion généralisée"<sup>1</sup>. Depuis l'achèvement du barrage d'Assouan, le littoral septentrional du delta ne reçoit plus d'apports annuels en limon pour contrecarrer

l'érosion due aux vagues et aux courants marins. En conséquence, les défenses côtières édifiées dans les années 1940 ont été submergées. L'ancien village de Borg-el-Borellos, autrefois situé à l'embouchure d'un des principaux chenaux du fleuve, se trouve maintenant à 2 kilomètres en pleine mer.

Les sédiments du Nil qui ont échappé au delta et atteint la mer, étaient autrefois emportés vers l'est le long du littoral. Ils préservaient les bancs de sable qui s'étendent en face des grandes lagunes du delta. Maintenant les cordons qui protègent les lacs Manzallah et Burullus s'érodent et menacent de disparaître. Ces lagunes représentent environ le quart de toutes les zones humides côtières qui demeurent encore dans le bassin méditerranéen. Si elles disparaissaient, les eaux marines s'engouffreraient, inondant les basses terres agricoles du delta et remplissant d'eau salée les aquifères côtiers. La perspective d'une élévation du niveau de la mer due au réchauffement global accroît la probabilité de cette catastrophe.

1 - Stanley, D.J. & A.G. Warne (1993)

## Effets des prélèvements d'eau sur les écosystèmes des zones humides

**Les zones humides dépendent à la fois du débit en eau, du limon des fleuves et du niveau élevé des nappes phréatiques pour préserver leur régime hydrologique unique et l'abondance de leur faune et de leur flore. Toute perturbation de ces sources et de ces flux peut avoir de graves conséquences.**

La zone humide du Doñana, dans le delta du Guadalquivir au sud de Séville en Espagne, en est un cas typique et elle s'assèche rapidement. En amont, le Guadalquivir compte 30 barrages et les prélèvements locaux pour l'irrigation puisent plus de 50 millions de m<sup>3</sup> par an sous la zone humide. Ensemble, barrages et pompes abaissent par endroits le niveau de la nappe phréatique de la zone humide de presque 50 centimètres par an. Des simulations informatiques montrent que l'irrigation desséchera une grande partie du parc, facilitera les intrusions marines sous le parc et réduira l'apport fluvial aux marais.

La zone humide du Doñana abrite plus de 200 espèces d'oiseaux, plus de la moitié du total en Europe, dont certaines espèces rares comme le vautour fauve (*Gyps fulvus*), la sarcelle marbrée (*Marmaronetta angustirostris*) et le turnix d'Andalousie (*Turnix sylvatica*), un oiseau proche de la caille presque éteint en Europe. Mais le nombre d'oiseaux a terriblement diminué ces dernières années.

Selon le plan hydrologique national, l'Espagne a perdu 400 km<sup>2</sup> de zones humides ces dernières années, dont les trois-quarts étaient reliées à des aquifères. Il est probable qu'une majorité de ces pertes soit liée à la surexploitation des aquifères pour l'approvisionnement en eau<sup>1</sup>.

Les environmentalistes soutiennent que le projet de détournement de l'Achéloos en Grèce pourrait détruire la zone humide d'importance internationale de Mésolonghi, située à l'embouchure du fleuve, protégée par la Directive Oiseaux de l'Union Européenne.

La zone humide de Mésolonghi couvre plus de 600 km<sup>2</sup> et compte deux des plus grandes lagunes encore existantes du bassin méditerranéen. Ses lagunes, ses marais salants, ses laisses de vase et ses zones boisées attirent chaque hiver des milliers d'oiseaux d'eau, dont le pélican frisé (*Pelecanus crispus*) et le courlis à bec grêle (*Numenius tenuirostris*) menacés mondialement. Des pêcheries importantes bien qu'en déclin sont localisées sur cette zone humide. Mais cette zone régresse déjà,

<sup>1</sup>-Anonyme, Plan Hidrológico Nacional Memorta (1993)

Quand l'eau du fleuve est détournée dans un autre bassin hydrographique, le mélange des eaux peut créer ses propres problèmes. De nouvelles espèces peuvent être introduites dans le cours d'eau récepteur, et ses caractéristiques chimiques et son régime hydraulique peuvent être modifiés. Tout ceci peut avoir des conséquences à long terme largement imprévisibles pour la rivière réceptrice et toutes les zones humides en aval.

depuis la construction pour l'alimentation d'Athènes d'un nouveau barrage de 100 mètres de haut sur l'Evinos, qui semble être son autre principale source d'eau. Le projet de détournement de l'Achéloos qui pourrait être financé par la CEE, est devenu une "cause célèbre", contestée par les environnementalistes devant les tribunaux grecs et européens et sujette à de fréquentes révisions par les autorités de Bruxelles.

Un débat complexe s'est élevé à propos de la quantité d'eau qui pourrait être prélevée de l'Achéloos et de son impact exact sur la zone humide. Une étude grecque d'impact sur l'environnement publiée en 1989 concluait que le débit moyen du fleuve était de 5 km<sup>3</sup> par an et que le détournement en enlèverait 20 %. Les hydrologues grecs quant à eux soutenaient qu'il n'y avait aucune relation prouvée entre l'Achéloos et la zone humide du Mésolonghi. Cette opinion a été contredite par l'hydrologue britannique G.E. Hollis que la Convention Internationale de Ramsar a fait intervenir. Il estimait que le débit dans la fin des années 1980 était inférieur à 3 km<sup>3</sup> et que plus de 60 % serait détournés les années sèches. Bien que les données précises sur les relations entre le fleuve et la zone humide manquent, disait-il, "il est peu probable que le fleuve ne soit pas une source majeure d'eau douce pour les zones humides. Le fleuve semble relié hydrauliquement à la nappe phréatique souterraine sur la majorité de son cours."

Le projet d'aménagement de l'Achéloos, Grèce.

Source : Pierre Heurteaux



Les pressions pour maximiser les disponibilités en eau pour l'usage humain sont une menace croissante pour les écosystèmes naturels nécessitant de l'eau, notamment les zones humides. Et l'alimentation des hommes aussi bien que de la Nature en eau pure sera rendue plus aléatoire par la pollution. Il faut trouver d'urgence un équilibre entre l'utilisation des ressources en eau, la qualité de l'eau et la préservation des fonctions des zones humides.



Le lac Ichkeul en Tunisie était auparavant un système lacustre à eau douce/saumâtre offrant une diversité biologique élevée. Trois barrages construits depuis 1984 ont très largement amputé l'alimentation en eau douce du lac, élevant la salinité à un taux supérieur à celui de la mer avec un effet désastreux sur les centaines de milliers d'oiseaux d'eau hivernants et migratoires et sur les importantes pêcheries.

H. Miles

## La politique zone humide de l'Union Européenne

L'Union Européenne accorde une place toute particulière aux zones humides en raison des multiples services qu'elles rendent à la société et pour leur valeur intrinsèque en tant qu'habitats naturels. La communication de la Commission au Conseil du Parlement européen sur l'utilisation rationnelle et la conservation des zones humides présente un premier cadre de référence pour une politique régionale visant à intégrer la problématique des zones humides dans les politiques de gestion des ressources en eau.

La Directive Habitats a inclus plusieurs écosystèmes humides dans la liste des habitats devant être protégés de façon prioritaire. Elle prévoit également l'obligation d'effectuer une étude d'impact sur l'environnement pour tout projet dont la réalisation aurait un impact sur un habitat protégé. Cette disposition permettra d'élargir le cadre des études entreprises lorsque des projets d'aménagement hydraulique réalisés en amont auraient a priori un impact sur les habitats situés en aval.

Ces mesures attestent d'une tendance accrue à concevoir des projets de développement intégré prenant en compte la dimension environnementale afin d'atteindre des objectifs de développement durable.



# Les choix

**La réponse classique des ingénieurs hydrauliciens et des hommes politiques à la crise grandissante de l'eau dans la région demeure la même : davantage de barrages, de forages, de canalisations, de tunnels et de canaux.**

Cette approche est nettement limitée, comme le démontre l'indice d'exploitation de l'eau. Mais bien avant que l'indice n'atteigne 100 %, le coût de l'eau supplémentaire monte en flèche, que ce soit en termes financiers ou en termes de dégradation écologique.

Alors que les coûts à court terme sont faciles à évaluer, les exigences écologiques se quantifient moins aisément. De même que sont moins connus les impacts à long terme de la destruction des réserves naturelles d'eau comme les aquifères, sur la durabilité du système d'exploitation.

Les eaux usées brutes peuvent contaminer les ressources en eaux.  
Vallée du Pô, Italie.

## La voie classique

**La plupart des politiques d'approvisionnement en eau dans la région s'appuient principalement sur les solutions classiques aux pénuries d'eau. C'est en Afrique du Nord que les planifications de ces solutions sont actuellement les plus accélérées.**

L'Algérie estime avoir besoin de 5,5 km<sup>3</sup> supplémentaires d'eau par an avant 2010, la moitié pour l'irrigation et la moitié pour les utilisations industrielles et domestiques. Elle prévoit 50 barrages supplémentaires et 10 canaux de détournement, et exploitera l'eau fossile non renouvelable sous le Sahara<sup>1</sup>.

La Tunisie pense exploiter 90 % de son eau superficielle dans le nord du pays et la totalité de son eau souterraine avant l'an 2000. Elle envisage donc la création de nouveaux grands barrages et d'un réseau complexe de conduites et de canaux pour transférer l'eau entre les bassins hydrographiques. Ce réseau aura la capacité de transférer dans la région septentrionale plus de la moitié de l'eau captée par les barrages.

Le Maroc compte doubler la proportion du débit de ses fleuves contrôlé par les barrages et augmenter ses prélèvements d'eau souterraine. Soixante grands barrages, un total de 100 kilomètres de forages et 280 kilomètres de structures de transfert d'eau sont d'ores et déjà à l'étude. Tout ceci sera très onéreux pour les pays en voie de développement.



Les inondations peuvent sérieusement endommager les infrastructures mal situées.

1 - Jellali, M. & A. Jebali (1994)



L'infrastructure hydraulique représente déjà plus de 20 % de l'investissement du secteur public au Maroc et en Tunisie et plus de 12 % en Algérie.

Mais certains pays européens subiront des ponctions à peine moins fortes sur leurs budgets s'ils veulent gérer leur demande en eau par des moyens classiques. L'Espagne, qui a connu cinq années de grave sécheresse, a actuellement les projets les plus ambitieux, fondés sur une multiplication des barrages et des plans spectaculaires pour faire circuler l'eau à travers le pays – du nord et de l'ouest humides vers l'est et le sud desséchés. De tels projets, comme on l'a vu, sont sous le feu de la critique, à la fois pour des motifs environnementaux et par les conflits inter-régionaux qu'ils peuvent susciter.

## Le Plan hydrologique espagnol

En 1993, au milieu d'une période de sécheresse inquiétante, le directeur de l'eau, Adrian Baltanas, prédisait que dans les 20 ans à venir son pays aurait des besoins en eau majorés de 45 % pour les villes, de 30 % pour l'industrie et 14 % pour l'agriculture. Le gouvernement a proposé un Plan hydrologique national de 30 milliards d'US \$, comprenant environ 200 nouveaux barrages et de nouveaux transferts d'eau massifs pour déplacer l'eau du nord et de l'ouest humides vers le sud et l'est secs.

Le projet consiste actuellement en une série de flèches tracées sur des cartes et en projections financières à l'étude. Mais une proposition essentielle, dont presque tout le reste dépend, revient à transformer l'Ebre au nord du pays en une autoroute hydraulique nationale. L'eau serait pompée des fleuves qui coulent au nord et à l'ouest vers l'Atlantique,

et déversée dans les sources de l'Ebre. Puis en aval, près de l'embouchure du fleuve, cette eau excédentaire serait de nouveau pompée et envoyée au sud vers les provinces de Segura et de Jucar, et vers Barcelone, métropole en expansion rapide.

En outre, une partie de l'eau des rivières qui coulent vers l'ouest comme le Tage serait canalisée et également dirigée vers le sud aux sources de fleuves tels que le Segura. Les ornithologues et les hydrologues de Birdlife International estiment que le Plan Hydrologique National Espagnol pourrait nuire à plus de 100 habitats ornithologiques de zones humides qui sont, théoriquement, protégés par les Directives de l'Union Européenne. De telles pertes écologiques doivent être mûrement appréciées par rapport aux coûts socio-économiques de toute politique fondée sur la préservation intégrale<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> - Anonyme, *Plan Hidrologico Nacional Memoria*, (1993)

## Vers les limites

**D'autres endroits, souffrant déjà de limitations d'approvisionnement en eau sont la preuve que de telles solutions qui reposent sur l'offre ne sont possibles qu'à des coûts financiers ou écologiques augmentant rapidement.**

L'état d'Israël utilise toute l'eau dont il dispose, y compris celle prélevée de terres gagnées après des guerres avec ses voisins. L'exploitation de l'eau jusqu'à la dernière goutte a son prix. Israël utilise un cinquième de l'électricité nationale à pomper l'eau autour du National Water Carrier. Sa politique de l'eau a tari des fleuves et asséché des zones humides. Elle a également diminué les ressources en eau à long terme du pays et celles du futur Etat palestinien, en surexploitant les aquifères. Depuis plus de deux décennies, l'accès à l'eau a constitué une pierre d'achoppement majeure dans l'établissement de la paix avec ses voisins<sup>1</sup>.

Des problèmes analogues commencent à être le lot de nombreux autres pays. Chypre, pour accroître son approvisionnement en eau a appauvri les cours d'eau du sud de l'île. Malte a dégradé ses eaux souterraines et a dû se tourner vers le dessalement de l'eau de mer, bien plus onéreux.

La Lybie projette de dépenser plus de 20 milliards d'US \$ à exploiter et transporter de l'eau non renouvelable du sous-sol saharien pour remplacer celle des aquifères côtiers, comme le Jefara, qui ont été détruits par un pompage excessif.

Le maintien de la qualité de l'eau est un problème de plus en plus préoccupant dans le bassin méditerranéen.



1 - Nativ, R. (1988)

## A la recherche de sources nouvelles et originales

La Banque Mondiale étudie actuellement les propositions jordaniennes de construire un canal de 270 kilomètres de la Mer Rouge à la Mer Morte, dont le niveau est inférieur de 400 mètres.

L'idée est d'utiliser ce dénivelé pour produire de l'hydroélectricité alimentant des installations de dessalement beaucoup plus importantes. Cependant, la Banque Mondiale estime le coût du projet à quelques 3 milliards d'US \$. Le prix de l'eau serait probablement trop élevé pour un usage agricole. Les infrastructures industrielles et touristiques de la zone seraient des consommatrices plus probables.

**Il n'est pas surprenant que l'on s'intéresse davantage au développement de nouvelles technologies exploitant des sources d'eau ignorées jusque-là, depuis les eaux souterraines saumâtres jusqu'aux nuages.**

### Les méthodes anciennes

De vieilles techniques de collecte d'eau dans le désert pourraient donner des leçons utiles. Entre autres, la récolte de l'eau de pluie à la manière des Nabatéens dans le désert du Neguev. Des chercheurs israéliens ont rénové les systèmes d'irrigation nabatéens et ont utilisé le système de récolte des précipitations sur une plus grande échelle pour canaliser l'eau vers les plantations d'arbres dans le désert. Une grande partie de cette eau se perd autrement par évaporation ou s'infiltré dans les aquifères salins.

Une autre méthode ancienne originaire du Moyen-Orient qu'on tente de faire revivre est celle des qanats, creusés dans les coteaux pour prélever l'eau souterraine. Souvent dans le bassin méditerranéen, les sources souterraines se perdent en mer<sup>1</sup>. L'Albanie a récemment annoncé le projet de creuser un tunnel de 5 kilomètres dans les collines calcaires pour augmenter le débit de la source Gura-Bardha. L'eau produira de l'énergie hydroélectrique et alimentera la capitale, Tirana.

### Le dessalement

Le dessalement de l'eau de mer offre un potentiel d'eau douce en quantité presque illimitée sur les zones côtières. La technologie la plus courante de dessalement, l'osmose inverse\*, retire principalement le sel en faisant circuler l'eau dans des filtres complexes. Mais, comme d'autres procédés, elle exige de grandes quantités d'électricité. Elle est donc très coûteuse.

Malte est le seul pays au monde dépourvu de ressources pétrolières abondantes et bon marché qui ait opté pour le dessalement sur une grande échelle. Après la dégradation de ses principales ressources souterraines, il ne lui reste que peu de choix. Les cinq usines du pays fournissent plus de la moitié de son eau et consomment 15 % de l'électricité nationale. L'eau dessalée de Malte coûte plus d'un US \$/m<sup>3</sup>, de trois à cinq fois le coût d'exploitation des eaux souterraines<sup>1</sup>.

La Lybie dessale environ 100 millions de m<sup>3</sup> d'eau par an dans 17 usines. De petites usines fonctionnent sur de nombreuses îles grecques, comme Syros dans les Cyclades, et Nissiros dans les Sporades.

1 - Natiw, R. & A. Issar (1988)

2 - Riolo, A. (1990)

## Eaux souterraines

Sous de nombreuses zones parmi les plus arides du bassin méditerranéen, se trouvent de grandes réserves d'eaux souterraines saumâtres. La plupart sont des eaux fossiles, donc leur exploitation n'est pas viable à long terme. Néanmoins, elles pourraient être dessalées. Israël dessale 18 millions de m<sup>3</sup> d'eau souterraine par an, et son plan national de l'eau actuel envisage de passer à 250 millions de m<sup>3</sup> annuellement dans les trois ans.

Une idée moins coûteuse pourrait être le développement de cultures dont la tolérance au sel permettrait l'irrigation avec cette eau, soit telle quelle, soit diluée avec de l'eau douce. Israël utilise des eaux souterraines saumâtres, pompées sous le Neguev, pour irriguer des cultures telles que l'olivier, les figues, les dattes, le céleri et les tomates. Et ses chercheurs tentent de manipuler génétiquement ces végétaux pour améliorer leur tolérance au sel.

## Utilisation de l'eau in situ

On décrit certaines utilisations des cours d'eau comme des utilisations "in situ". La production d'hydroélectricité par turbines a lieu habituellement dans les grands barrages, qui stockent l'eau et la restituent plus tard, en fonction de la demande en électricité. De tels barrages servent souvent à approvisionner les villes en eau, aux projets d'irrigation et à la gestion des risques. Dans ce cas, les normes d'exploitation requièrent un compromis entre des besoins en eau concurrents. Dans tous les cas, le stockage et le lâchage bouleverseront le régime hydrologique du cours d'eau, avec un impact potentiel en aval aussi bien sur les activités humaines que sur la Nature.

Dans l'Europe du sud, les fleuves sont largement utilisés pour la production hydroélectrique. Le Rhône en particulier a été transformé en un "escalier de barrages" pour

fournir de l'électricité. D'autres fleuves qui descendent des Alpes vers l'Italie sont utilisés de la même manière, tout comme l'Achéloos en Grèce et de nombreux fleuves de l'ex-Yougoslavie. En Turquie, les barrages hydroélectriques fournissent plus de 30 % de l'électricité<sup>1</sup>. Mais à l'exception de l'usine égyptienne sur le barrage d'Assouan, et de quelques barrages au Maroc, la production hydroélectrique reste très faible en Afrique du Nord.

L'eau des barrages est également utilisée en grande quantité pour le refroidissement des tours des centrales nucléaires et thermiques construites au bord des fleuves. Cette eau est rapidement restituée au fleuve, mais réchauffée, ce qui entraîne localement des problèmes écologiques. Une autre utilisation "in situ" souvent ignorée des planificateurs de l'eau est la fonction écologique de l'eau dans les cours d'eau et les zones humides.

<sup>1</sup> - Kulga, D. & K. Adanali (1990)

## L'alternative : réduire la demande

**Malgré de telles innovations, certains pays commencent à orienter leur politique vers la réduction de la demande. Encore une fois la technologie peut fournir la solution.**

De nouveaux systèmes informatiques peuvent surveiller le débit et la pression, détecter les fuites et empêcher le gaspillage de l'eau dans les installations industrielles comme dans les réseaux d'adduction d'eau urbains. Les économistes pensent que l'adoption d'une autre politique de tarification de l'eau peut inciter aux économies. Bien que ne diminuant pas les coûts d'approvisionnement en eau, cela augmenterait les services fournis par l'eau distribuée.

### Réduire les pertes

La perte et le détournement de l'eau constituent une ponction permanente et croissante sur de nombreux systèmes d'alimentation en eau. La plupart des pays n'ont qu'une vague idée de la quantité d'eau perdue de cette manière. Peu ont mis en place les systèmes complexes de surveillance du débit de l'eau dans les conduites. En outre, les fuites tendent à augmenter avec le vieillissement des systèmes et la fissuration des conduites.

La Banque Mondiale annonce ainsi que les "pertes en eau" peuvent aller jusqu'à 60 % dans les réseaux urbains de distribution, du fait des fuites et du vol<sup>1</sup>. Une étude portant sur 17 villes grecques au début de la décennie a mis en évidence une perte moyenne en eau de 45 %. En 1989, Damas fut obligée d'effectuer des coupures la nuit alors qu'on estimait que 30 % de ses ressources en eau disparaissaient dans les fuites du réseau de distribution.

A Malte, où 65 % de l'eau mise en circulation dans le réseau de distribution du pays est maintenant produite par dessalement, la moitié de cette eau n'a pas été payée en 1990<sup>2</sup>.

Réduire les fuites est une priorité actuelle à Malte et à Chypre. Au Maroc, un programme d'amélioration des canalisations d'eau vers les centres urbains a économisé environ 450 litres par seconde – assez pour alimenter une ville de 120 000 habitants<sup>3</sup>. Les fuites des canalisations d'eau en Israël ont été limitées à environ 10 %.

Il existe également un énorme potentiel de réduction de la demande en eau dans les habitations, les bureaux et les usines. Israël a été le pionnier des systèmes d'économie de l'eau tels que les robinets à faible

1 - Anonyme, World Bank, (1994)


2 - Mangion, J. (1994)

3 - Jellali, M. & A. Jebali (1994)

4 - Daniell, Z. (1993)

La sensibilisation du public est un élément majeur de tout programme de réduction du gaspillage de l'eau. Le programme israélien "Chaque goutte compte" a permis des économies substantielles dans la consommation d'eau urbaine au pire de la pénurie d'eau du début des années 1990. Malgré l'accroissement de 25 % de sa population, Jérusalem utilise moins d'eau en 1991 qu'en 1983<sup>4</sup>.

D'autres pays ont pris des dispositions similaires. "La Grèce s'assèche", répétaient des autocollants affichés dans chaque chambre d'hôtel à Athènes en 1993.



Avec des taux d'évaporation s'approchant de 2 mètres l'an en Afrique du Nord, les pertes à la surface des grands réservoirs peuvent être importantes. Le lac Nasser, derrière le barrage d'Assouan, perd environ 14 % de son eau chaque année par évaporation mais il y a peu à faire pour limiter ces pertes, à moins que le réservoir lui-même ne soit vidé.

Dans certains cas, l'irrigation au goutte à goutte a l'avantage supplémentaire de réduire la quantité de sel apportée aux champs. Ce sel se dépose souvent dans le sol, finissant par atteindre des taux de concentration assez élevés pour être toxique pour les cultures.

débit et les chasses d'eau à débit variable, qui sont obligatoires dans les nouveaux bâtiments.

Les fuites et l'évaporation font également perdre de grandes quantités d'eau dans les réservoirs et aqueducs à longue distance. Selon Alicata et De Pietro de l'Université de Catane, la Sicile "souffre d'énormes pertes dues à ses conduites défectueuses, au gaspillage et au vol", d'où un taux anormal de consommation de l'eau dans l'île. Plusieurs pays, dont l'Algérie et le Maroc, ont initié des projets de réduction des pertes en recouvrant les aqueducs. Les coûts sont élevés, mais justifiés quand l'eau se raréfie. Certaines administrations de l'eau considèrent cependant les pertes comme inévitables. L'ambitieux plan de l'eau sicilien admet une perte permanente de 50 % de l'eau dans les canaux de distribution<sup>1</sup>.

Au début du siècle, les ingénieurs coloniaux britanniques avaient suggéré qu'il vaudrait mieux stocker l'eau du pays loin en amont dans les sources du Nil, en Ethiopie et en Ouganda où les pertes par évaporation seraient moins fortes qu'en Egypte du fait d'un climat plus frais et nuageux.

### **Irriguer efficacement**

Les deux-tiers de l'eau captée dans le bassin méditerranéen étant utilisés pour irriguer les champs, de larges perspectives s'offrent pour économiser l'eau. Dans l'irrigation traditionnelle, l'eau s'épand dans les champs. Une bonne partie s'évapore au soleil ou s'infiltre dans les nappes souterraines. Seule une faible proportion est absorbée par les racines des végétaux.

Dans une grande partie de la région, l'irrigation par aspersion est maintenant une pratique courante, amenant quelques économies. Mais l'irrigation au goutte à goutte, dans laquelle l'eau est distribuée par des tuyaux de plastique percés de petits trous, est beaucoup plus efficace. L'eau goutte à travers les trous dans le sol, apportant de petites quantités d'eau juste au pied des végétaux.

Lorsque le débit de l'eau dans les canalisations est contrôlé par des capteurs reliés à des ordinateurs, et que l'irrigation est effectuée la nuit au moment où l'évaporation est plus faible, la proportion d'eau atteignant les racines des végétaux grâce à l'irrigation au goutte à goutte peut aller jusqu'à 95 %. Les coûts d'investissement de tels systèmes sont élevés mais les économies en eau sont substantielles. Un système de ce genre réduirait la quantité d'eau nécessaire aux cultures de 30 à 50 %.

<sup>1</sup> - Alicata, P. & R. De Pietro (1994)

En Israël, plus de la moitié des terres sont maintenant irriguées au goutte à goutte ou par des techniques similaires, connues sous l'appellation générique de micro-irrigation. La Jordanie et Chypre ont aussi étendu la pratique de l'irrigation au goutte à goutte à de nombreux champs. Mais les autres pays sont très en retard. Le Maroc, par exemple, n'a que 15 000 hectares (soit 3 % de son territoire irrigué) en micro-irrigation.

L'usage des disponibilités existantes en eau peut être massivement accru grâce à l'économie de l'eau, repoussant à des décennies le jour où les pays manqueront de ressources en eau classiques.

## Réutiliser

Une autre approche consiste à réutiliser l'eau, agricole comme urbaine. Le Maroc et Egypte réutilisent déjà des quantités importantes d'eau, souvent polluée par les égouts, pour l'irrigation des champs. En Egypte, les agriculteurs détournent même l'eau du principal collecteur du Caire, le collecteur Bahr el Bakr, pour irriguer les cultures vivrières<sup>1</sup>.

Mais l'utilisation d'eaux usées non traitées fait craindre des problèmes sanitaires. De dangereuses maladies peuvent être véhiculées par les cultures vivrières. En Israël, on se souvient encore d'une épidémie de choléra à Jérusalem en 1970, attribuée à l'irrigation illégale de salades avec des eaux non traitées.

Mais pourvu qu'il y ait un traitement approprié, la réutilisation de l'eau offre un grand potentiel. C'est un approvisionnement supplémentaire pour les besoins humains et l'eau restituée aux rivières est plus propre. La Tunisie et la Lybie réutilisent chacune environ 100 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées, après épuration. L'Algérie projette de faire de même.

Israël projette de réutiliser les deux-tiers de ses eaux usées – en général après un traitement strict. Son plan national pour l'eau vise à accroître l'approvisionnement par cette source de 350 millions de m<sup>3</sup> par an, représentant un accroissement de presque 20 % de l'approvisionnement en eau effective du pays. L'eau sera initialement utilisée pour l'irrigation mais, par la suite, le pays a l'intention d'étendre son utilisation aux usages domestiques.

La Directive communautaire (91/271/CEE) sur le traitement des eaux usées invite chaque pays membre à équiper toutes les villes de plus de 15 000 habitants d'une station d'épuration avant décembre de l'an 2000.



## Défendre les ressources en eau

**Les ressources en eau exigent une protection vigilante, ce qui inclut la protection des écosystèmes d'où provient l'eau. Dans les régions montagneuses, où tombent la plupart des précipitations, les sols et la végétation souvent combinés aux aquifères retiennent l'eau à bien meilleur marché que n'importe quel barrage.**

Souvent la présence d'un manteau forestier dans des zones de collines augmentera le total des précipitations toujours plus économiquement et efficacement que des nuages "ensemencés".

En outre, la conservation des sols, particulièrement dans les petits bassins, peut réduire spectaculairement la quantité de sédiments qui se détachent des coteaux et réduisent la capacité des réservoirs.

Plus en aval, les zones humides peuvent agir comme filtres de la pollution, aidant encore à préserver l'approvisionnement. Ainsi Israël a recréé l'ancienne zone humide Hula sur le Jourdain au nord de la mer de Galilée. Cette région de lacs et de vasières occupait autrefois 400 km<sup>2</sup>, avant son drainage dans les années 1950. Mais le drainage fut un échec, les cultures échouèrent et les agriculteurs abandonnèrent leurs champs. Maintenant les marais ont été recréés. Tout en reprenant leur fonction écologique d'abri pour les espèces rares, les roselières agissant comme un filtre naturel contre la pollution empêchent les nutriments d'atteindre la mer de Galilée, la source d'eau primordiale du pays<sup>1</sup>. Dans un pays souffrant de l'une des plus sévères pénuries d'eau de la région, il a été reconnu que l'eau peut avoir une fonction écologique et que les zones humides ont une valeur.

Le gouvernement marocain utilise des barrages sur le fleuve Sous pour tenter de réapprovisionner l'aquifère près d'Agadir. Ces aquifères furent surexploités durant les sécheresses des années 1980. Le niveau de la nappe phréatique baissa par endroit de 40 mètres. Un barrage aux sources du fleuve à Aoulouz, dans les contreforts de l'Atlas, a pour rôle de retenir les crues subites après les pluies violentes périodiques. Le barrage peut ainsi retenir environ la moitié des précipitations annuelles, et les libérer graduellement, en en laissant s'infiltrer une plus grande quantité dans l'aquifère de la vallée.

*1 - Hollis G. E. & T.A. Jones (1991)*



## Aspects politiques et institutionnels

**Les méthodes traditionnelles de gestion de l'eau sont fondées sur des principes culturels, religieux et coutumiers. Mais ces dernières décennies elles ont été largement remplacées par une prise de décision centralisée, habituellement aux mains des gouvernements.**

De nombreux gouvernements ont nationalisé la ressource en eau elle-même. Par exemple, un décret tunisien de 1885 déclare que "tous les cours d'eau et leur aire de ruissellement et toutes les formes de sources font partie du domaine public." Plus récemment, des gouvernements ont repris le contrôle des ressources naturelles dans l'espoir d'organiser le décollage économique.

Parfois la centralisation a été bénéfique. Une étude de la Banque Mondiale sur l'eau dans le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord, identifiait Israël et la Tunisie comme des exemples réussis de gestion centralisée de l'eau. Mais la nationalisation a souvent eu pour conséquence la négligence des infrastructures hydrauliques et des procédés traditionnels de protection des bassins hydrographiques<sup>1</sup>. Ainsi, on a laissé se dégrader les sols et les forêts des coteaux, autrefois protégés.

Un examen par la Banque Mondiale de son rôle dans le financement de projets dans le secteur de l'eau pendant 40 ans concluait que "l'échec institutionnel était la cause la plus fréquente et persistante des mauvais résultats". Un entretien et un fonctionnement déficients en résultaient.



M. Gunther / Bios

Le drainage des zones humides n'a pas toujours apporté les bénéfices escomptés. Delta du Menderes, Turquie.

1- Amami, S, El (1986)

## L'économie de marché

**Jusqu'à une époque récente, l'eau a été considérée dans le monde entier comme une ressource gratuite – un droit naturel. L'idée de faire payer l'eau – même une eau fournie à grands frais – s'est souvent heurtée à de farouches oppositions.**

Il n'y a pas de doute que sa commercialisation a été repoussée, pour des motifs éthiques (et parfois religieux), en insinuant que certaines personnes ne pourraient pas avoir accès à l'eau. Mais cette attitude est en train de changer.

L'expérience turque en est un exemple typique. Récemment encore, les agriculteurs et les autres utilisateurs de l'eau étaient censés payer les coûts d'exploitation de leur approvisionnement en eau, mais seulement une fraction des coûts en investissement souvent considérables. Cet état de fait dissuadait d'entretenir les infrastructures existantes. Il est souvent plus économique pour les agriculteurs de ne pas les entretenir et d'attendre que l'Etat en reconstruise de nouvelles. Mais depuis 1988, la Turquie a adopté une politique plus rigoureuse, récupérant une plus grande part du coût de ses projets hydrauliques et "désengageant" l'Etat de la gestion des ressources en eau<sup>1</sup>.

On voit un nouveau modèle émerger dans la région, considérant la privatisation des services et la tarification basée sur le coût réel de la fourniture de l'eau comme le meilleur moyen d'améliorer l'efficacité et d'encourager la conservation des ressources.



L'accès pour tous à l'eau potable est un droit, mais qui doit payer ?

1 - Tekinel, O. & J. Doorenbos (1995)

Si l'on suit ce raisonnement, seule une tarification de l'eau fondée sur le marché conduirait à une utilisation rationnelle de l'eau. De telles politiques sont largement appuyées par les agences d'aide au développement, dont la Banque Mondiale. Et, pendant la période préparatoire du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, une conférence ONU d'experts de l'eau et de décideurs à Dublin a emprunté la même voie : "Avoir dans le passé échoué à reconnaître que l'eau est un bien économique a conduit à des gaspillages et des utilisations économiquement dommageables des ressources. Gérer l'eau comme un bien économique est un moyen important pour obtenir une utilisation efficace et équitable, et pour encourager la conservation et la protection des ressources en eau."


## Tarification de l'eau en Tunisie

La recherche d'économies d'eau a conduit certains pays, comme la Tunisie, à utiliser une politique de tarification progressive, pénalisant désormais les gros consommateurs d'eau. Cette politique a été développée depuis 1974 par la SONEDE (société nationale d'exploitation et de distribution des eaux) pour réduire le gaspillage. Les divers utilisateurs d'eau comprennent les ménages, l'industrie et le tourisme qui représentent respectivement 64 %, 11 % et 6 % de la consommation d'eau. La tarification a entraîné une baisse de la demande dans les secteurs urbains de 3 à 6 %, et 15 % des ménages sont passés dans une fourchette de consommation plus basse. Les secteurs touristiques et industriels montrent également les signes d'une diminution du gaspillage.

Un effet pervers de ces mesures a été de pousser les gros usagers de l'eau à développer leurs propres sources d'approvisionnement directement à partir des rivières ou des eaux souterraines – sources non assujetties au code actuel de l'eau. Ces industries opèrent donc hors du cadre légal et tarifaire pour l'utilisation de l'eau et sont difficiles à surveiller et à contrôler.

La stratégie tarifaire fait partie intégrante de la stratégie nationale pour l'économie de l'eau en Tunisie et s'applique également à l'eau d'irrigation qui est tarifiée plus cher dans les périodes de forte consommation. Les redevances varient selon les régions mais visent à récupérer entre 35 et 80 % des coûts d'exploitation et d'entretien. Une hausse de 15 % des redevances est prévue si cela permet aux agriculteurs de maintenir leurs revenus et de continuer à produire des cultures de rapport irriguées. Cependant, en pratique, la récupération des redevances d'irrigation est difficile.

L'objectif final du système de tarification de l'eau est de récupérer l'intégralité des coûts de traitement des eaux usées, tandis que le gouvernement continue de subventionner les coûts d'approvisionnement. Actuellement, 60 % des dépenses sont couvertes. Cette approche n'est pas suffisante pour taxer convenablement ceux qui ont leur système privé d'approvisionnement et les experts tunisiens insistent sur le fait que seule une combinaison de mesures institutionnelles, de moyens techniques valables, et une bonne éducation peuvent garantir le succès de la politique tarifaire dissuasive<sup>1</sup>.



On utilise de plus en plus le mécanisme tarifaire pour gérer les crises de l'eau. Pendant la sécheresse de 1993, par exemple, les autorités municipales d'Athènes augmentèrent les tarifs au point que certaines personnes payaient à certaines heures 20 fois plus que le tarif normal.

L'arme tarifaire est de plus en plus utilisée pour réduire la demande en eau pendant les pénuries et inciter les agriculteurs à investir dans les technologies d'économie d'eau, comme l'irrigation au goutte à goutte. Si les agriculteurs devaient payer le prix réel de l'eau, il serait rentable pour eux d'investir dans des technologies hydrauliquement efficaces.

Mais peu de pays font déjà payer l'eau à son prix réel. Une étude de la Banque Mondiale a calculé que le coût à long terme de l'eau pour les habitants des villes en Algérie était de 0,52 US \$/m<sup>3</sup>, alors que le tarif moyen était de 0,12 US \$. En matière d'irrigation, la différence était encore plus frappante : 0,32 US \$ comparé à 0,02 US \$.

Au Maroc en 1992, les redevances d'irrigation étaient d'environ 0,02 US \$/m<sup>3</sup>, une fraction du coût réel. En Egypte, les usagers urbains ne paient que 15 % du coût de leur eau.

## Contrôle local

Bien que les marchés de l'eau soient une alternative parfois séduisante à la mauvaise gestion centralisée, une grande partie de l'eau de la région reste dans des mains locales, particulièrement dans les zones rurales. Les sources, les puits et même les points d'extraction fluviaux dans les zones rurales sont encore souvent contrôlés localement par des comités villageois.

En Turquie par exemple, à l'exception de quelques sources majeures, les municipalités et les conseils de village contrôlent l'approvisionnement en eau. Dans une grande partie de l'Afrique du Nord, des systèmes traditionnels de gestion de l'eau, habituellement renforcés par la loi islamique, persistent. Un savoir local précis garantit habituellement que les interactions complexes entre les eaux superficielles et souterraines sont bien comprises, d'une manière souvent ignorée par les projets hydrauliques

modernes et centralisés. Bon nombre sont aussi bien plus conservateurs, conçus spécifiquement pour se protéger contre les sécheresses irrégulières, par exemple.

Ces systèmes incorporent souvent d'anciennes techniques de collecte de l'eau, comme la récolte des eaux et les qanats. Chose intéressante, certains de ces systèmes créent leurs propres marchés locaux de l'eau. Par exemple, la plupart des qanats sont encore détenus par des associations de propriétaires fonciers, descendants de ceux qui payèrent le creusement des tunnels.

Dans les cas où l'eau est propriété privée, ou lorsque les agriculteurs disposent d'excédents en eau provenant de l'alimentation publique, les marchés locaux de l'eau peuvent se développer. Dans les villages chypriotes grecs situés à l'ouest de Nicosie, la plupart des étés, les agriculteurs vendent l'eau excédentaire des qanats.

Selon la loi américaine sur l'eau, le droit à l'eau est alloué selon l'adage "premier arrivé premier servi". Dans le passé, les agriculteurs l'ont utilisé pour faire valoir leurs droits. Mais au cours des années 1990, dans une série de jugements ayant fait jurisprudence, des organismes de l'environnement ont plaidé avec succès que dans certaines circonstances la nature pouvait revendiquer la qualité de première-venue.

Certains souhaiteraient l'ouverture des marchés de l'eau sur une plus vaste échelle. Ceci pourrait débloquer des ressources en eau, jalousement accumulées par des gouvernements craignant que d'autres les convoitent. L'eau du Liban pourrait être achetée ; de même Israël a conclu récemment un accord pour acheter un peu de l'eau excédentaire de la Turquie.

Cela pourrait être également utilisé pour encourager la conservation des écosystèmes aquatiques. Aux Etats-Unis, notamment en Californie, on a développé ce système de sorte que des agences de conservation financées par l'état, peuvent acheter des droits de l'eau, afin de protéger les cours d'eau et les zones humides menacés.

De telles idées doivent encore être mises à l'essai dans le bassin méditerranéen, mais elles fournissent un mécanisme pour trancher entre les droits écologiques et humains à une eau rare.

Aspects économiques pour quelques pays (1989).

PAYS	EAU POTABLE distribuée aux collectivités (US\$/m <sup>3</sup> )		EAU D'IRRIGATION (US\$/m <sup>3</sup> )	
	Coût	Prix*	Coût	Prix*
■ TURQUIE <sup>1</sup> (Ankara et autres zones urbaines)	0,65	0,47		0,004
■ CHYPRE <sup>1</sup> (Nicosie, Larnaca et Limassol)	0,71	0,58	0,69	0,15
■ SYRIE <sup>1</sup> (pays entier)		0,29		
■ EGYPTE <sup>1,2</sup> (zones urbaines)	0,26	0,05		
■ TUNISIE <sup>1,2</sup> (pays entier)	0,44	0,81		
■ MAROC <sup>1,2</sup> (Casablanca et Doukala)	0,5	0,33	0,46	0,04

\* Moyenne des tarifs ou des redevances pour l'eau d'irrigation

N. B. Certaines données comprennent les coûts de transports tandis que les autres ne considèrent que l'assainissement de l'eau potable. Ces données sont des estimations.



# Conclusion

**La conservation des zones humides et des fonctions écologiques des hydrosystèmes ne peuvent être envisagées en l'absence d'une vue d'ensemble de la demande et de la ressource en eau.**

La recherche de la protection de l'environnement et de ressources en eau douce durables exige des changements majeurs dans la politique, certains déjà effectués, mais d'autres à peine encore pris en considération.

Malte, aujourd'hui totalement dépendante d'un dessalement onéreux, adopte de nouvelles politiques pour conserver et restaurer ses eaux souterraines dégradées et pour contrôler les pertes et autres inefficacités de son réseau de distribution.

La Tunisie qui souffre de tensions sur l'eau pourrait se demander si elle peut réellement doubler la quantité de terres agricoles irriguées dans les années 1990. La Grèce, pareillement, va probablement réévaluer les besoins en eau de ses agriculteurs et ses villes dans l'est du pays, qui nécessitent le détournement de l'eau de fleuves à flux ouest comme l'Achéloos et l'Evinos. Il faut peut-être décider si l'investissement dans la conservation de l'eau n'est pas une solution moins chère, plus durable et plus valable écologiquement que de continuer à investir dans les solutions du tout-approvisionnement.

La beauté de la côte méditerranéenne attire de nombreux touristes à la période de l'année où l'eau est la plus rare.



L'Espagne pourrait avoir des considérations semblables pour le sud du pays. La consommation d'eau espagnole par habitant est la plus élevée d'Europe, mais la pluviométrie la plus faible. Une grande partie de cette eau sert à irriguer des cultures déjà excédentaires sur le marché européen. Pour important que soit son investissement dans de grands barrages et projets de transfert d'eau, il se peut qu'elle ne veuille pas retarder la gestion par la demande. Surtout si elle veut aussi préserver ses zones humides restantes de l'assèchement alors que les niveaux des nappes phréatiques chutent et que l'on construit toujours plus de systèmes de détournement de l'eau.

Le Maroc affronte la sédimentation continuelle de ses réservoirs. Les meilleurs sites de barrages envasés, tout barrage de remplacement coûtera plus et procurera moins d'eau. Réduire l'envasement de ses réservoirs exige probablement des politiques radicalement nouvelles de conservation des sols.

Les besoins en ressources hydrauliques et la conservation des zones humides doivent probablement être traités dans le cadre de choix de politiques plus larges. Les politiques agricoles ont des conséquences fondamentales. Salem<sup>1</sup> estime que la demande en eau libyenne doublera dans les 35 ans consécutivement à la croissance démographique et à celle du niveau de vie. Mais si le pays persiste dans sa politique d'autosuffisance alimentaire, en irriguant toujours plus de terres, alors la demande en eau pourrait doubler dans les 10 ans.

En fin de compte, en dépit de toutes les mesures pour maximiser les ressources en eau, conserver et réutiliser l'eau, de nombreux pays devront abandonner leurs ambitions d'autosuffisance alimentaire. L'hydrologue israélien Arnon Soffer, conseiller auprès du Ministère des Affaires Etrangères de son pays, dit qu'Israël "doit commencer à allouer l'eau selon des priorités économiques plutôt que politiques." Peut-être Israël devrait-il fabriquer des ordinateurs plutôt que de faire pousser des oranges, suggère-t-il, et concéder l'eau excédentaire à la Jordanie qui connaît des problèmes d'eau encore pires que les nôtres et n'a pas de telles options."

Il est clair que la vieille notion de l'eau ressource disponible gratis pour ceux qui l'exploitent a pris fin. Il est tout aussi clair que les vieilles notions d'hydrologie qui considéraient l'eau coulant dans les fleuves comme "gaspillée" doivent être repensées. Et l'image qui assimile le cours d'eau à une canalisation est dépassée.

On doit maintenant considérer l'eau comme une ressource limitée souvent rare, qui doit être répartie dans le contexte de politiques de conservation de la nature et de protection des autres caractéristiques du

*1 - Salem O.M. (1992)*



# Conclusion



Les zones humides situées au sein des régions arides constituent des étapes migratoires vitales pour les oiseaux d'eau.  
Oued Massa, Maroc.

M. Gunther / Bios

cycle de l'eau. L'eau dans la nature ne peut être entièrement domptée pour l'usage de l'homme. Les échanges complexes au sein d'un bassin hydrographique – entre les cours d'eau, les eaux souterraines et les zones humides – doivent être respectés, tout comme les exigences des écosystèmes au sein de ce bassin. Ceci nécessite une analyse beaucoup plus approfondie des hydrosystèmes et écosystèmes et de leur évolution au fil du temps.

L'eau doit être aussi envisagée dans un contexte social. Le paradoxe de l'eau détenue par l'Etat au nom du peuple aboutissait trop souvent à une utilisation inefficace, une indifférence écologique, une injustice sociale dans l'utilisation de l'eau et au sacrifice du caractère durable de la ressource.

Le mécanisme disponible le plus avéré pour garantir un usage efficace de l'eau pourrait être une sorte de mécanisme de marché modifié. Mais cela nécessite de nouveaux contrôles pour garantir une répartition équitable de l'eau, à la fois entre les divers besoins humains et entre les besoins humains et ceux des écosystèmes.

Le marché ne fait pas automatiquement les bons choix. De vrais choix politiques restent à faire pour protéger les ressources en eau et les écosystèmes pour les générations futures.

Ils devront être souvent posés dans un contexte politique international. En pareilles circonstances, il faut déployer de sérieux efforts pour garantir que les données soient basées sur une évaluation réelle plutôt que sur de la rhétorique politique ou du marchandage. Des données



hydrologiques sûres et impartiales sont particulièrement importantes dans une région comme le Levant, où l'eau est l'objet de litiges perpétuels et, à l'occasion, de conflits armés.

De plus, les accords concernant les cours d'eau internationaux devront souvent couvrir une large éventail de questions d'aménagement et d'utilisation du territoire tout autant que d'hydrologie. De récents pas vers un accord au sujet d'un développement durable des Alpes, bassin hydrographique international majeur, pourraient montrer la voie.

De tels accords devraient être conçus pour résister solidement au changement qu'il soit politique, économique et social, ou hydrologique et climatique. Il est probable que le changement climatique sera un élément inévitable mais inquantifiable de la gestion de l'eau au 21<sup>e</sup> siècle. Par l'élévation du niveau des océans, le réchauffement global pourrait menacer gravement les zones humides côtières, qui exigeront de ce fait une protection supplémentaire contre les menaces hydrologiques continentales.

L'eau douce, parce qu'elle est essentielle à la vie sur terre, et parce qu'elle passe par les écosystèmes et interagit librement avec la terre, l'atmosphère et les océans, exige une gestion intégrée plus que toute autre ressource.

Les bassins hydrographiques doivent être envisagés comme un tout, leurs activités aux sources en harmonie avec les besoins en aval. On doit mieux appréhender la valeur non quantifiée de l'eau "perdue" dans les zones humides ou d'autres écosystèmes naturels. Les zones

Incontrôlé, le marché peut dégrader les eaux souterraines, polluer l'eau potable, assécher les zones humides, ruiner les pêcheries, sacrifier l'irrigation au profit d'utilisations urbaines de l'eau plus rentables. Le marché n'est rien de plus qu'un outil au service des objectifs plus larges de développement et de protection écologiques. Ces objectifs restent encore à définir.

Les incendies de forêts contribuent au déboisement des bassins versants et favorisent l'érosion. Corse.



M. Mastrachi / Panda photo / Bios

Une politique rationnelle de l'eau se doit également de prendre en compte les problèmes de pollution.



J. B. Dumond / Bios

L'homme ne peut utiliser toutes les ressources en eau théoriques car des débits minima sont essentiels au maintien de la qualité de l'environnement. Le seuil auquel ce minimum doit être fixé est une question à la fois technique et politique et un équilibre doit être trouvé.

humides, par exemple, peuvent purifier l'eau aussi bien qu'alimenter les pêcheries, lutter contre les intrusions salines, fournir un stockage gratuit de l'eau, interagir avec les aquifères, modérer les variations saisonnières du débit des cours d'eau et protéger contre les inondations et les sécheresses. Ces services gratuits peuvent être préservés au mieux en améliorant l'efficacité des transferts et de la consommation d'eau ou par une demande décroissante, plutôt que par la recherche constante de nouvelles ressources en eau à proposer quand la crise arrive.

En particulier, les mécanismes de rétroaction entre le cycle hydrologique au sens large et les ressources en eau que l'homme utilise directement doivent être mieux compris : comment les aquifères interagissent avec les cours d'eau et les zones humides, et comment les écosystèmes dans les cours d'eau, les sols et les zones humides favorisent le maintien des hydrosystèmes. Un cours d'eau dont le bassin hydrographique est doté de sols stables et d'arbres avec des aquifères et des zones humides de bonne qualité dans ses plaines inondables coulera probablement plus régulièrement toute l'année et pendant les sécheresses, que celui dont les forêts ont été abattues, les aquifères surexploités, les zones humides desséchées et les sols érodés.

Un développement durable du bassin méditerranéen pourrait bien dépendre des stratégies développées pour améliorer la gestion à long terme de ce système dynamique et complexe.



# Glossaire

**Artésien** : se dit d'une nappe qui s'écoule naturellement sans pompage en raison des pressions géostatiques qu'elle subit.

**Aquifère** : formation géologique poreuse enfermant de l'eau en qualité appréciable.

**Chott** : Bande de terre salée bordant une sebkha.

**Diversion** : détournement de tout ou partie de l'eau d'une rivière vers une autre destination que son cours naturel.

**Evapotranspiration** : Phénomène naturel réunissant à la fois l'évaporation par le sol et la transpiration par les végétaux.

**Exhaure** : extraction de l'eau contenue dans une formation aquifère par différents procédés de pompage.

**Indice d'exploitation de l'eau** : pourcentage de la quantité d'eau utilisée par l'homme par rapport au total théorique des ressources en eau renouvelables.

**Modélisation** : réduction d'un phénomène à un ensemble de relations formelles établies entre ses différentes composantes.

**Osmose inverse** : technique de dessalement de l'eau.

**PIB** (Produit intérieur brut) : valeurs créées en un an par un pays à l'intérieur de ses frontières.

**PNB** (Produit national brut) : somme du produit intérieur brut (PIB) et des valeurs créées à l'étranger en une année.

**Sebkha** : En milieu désertique ou semi-désertique, dépression parfois occupée par un lac salé dont les eaux proviennent du ruissellement ou des remontées d'eau souterraines.

**Qanat** : réseau souterrain de canaux d'amenée creusé dans la roche et qui délivre l'eau par gravité.

# Bibliographie

**Alicata, P. & R. De Pietro** - Sicily: inland-water management at the southern margin of Europe. *Ambio*, vol. 23, 455-457, 1994.

**Allan, J.A.** - Natural resources as national fantasies. *Geoforum*, vol. 14, 243, 1983.

**Amami S. El** - Traditional modern irrigation methods in Tunisia, in "The Social and Environmental Effects of Large Dams", vol. 2, Goldsmith E. and N. Hildyard (Ed), 184-188, Wadebridge Ecological Centre, Camelford, UK, 1986.

**Anonyme** - A strategy to stop and reverse wetland loss and degradation in the Mediterranean basin. IWRB and Regione Friuli-Venezia, Trieste, Italy, 1992.

**Anonyme** - CCE, Paper to regional seminar on water management strategies in Mediterranean countries, held in Algeria, May 1990.

**Anonyme** - Egyptian Government, Environmental Action Plan for Egypt, 1992.

**Anonyme** - Plan Hidrológico Nacional Memoria, Ministerio de Obras Publicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, Spain, 1993.

**Anonyme** - Proceedings of the 21st anniversary conference of the Institute of Fisheries Management 1990, 237-252, London, UK, 1992.

**Anonyme** - Mediterranean Action Plan: A blue plan for the Mediterranean people, United Nations Environment Programme, Athens, Greece, 1992.

**Anonyme** - A Strategy for Managing Water in the Middle East and North Africa, World Bank, Washington DC, US, 1994.


**Anonyme** - World Water journal - numerous anonymous news articles and features 1989-1995.

**Barrocu, G. & P. Puddu** - A general water resources master plan for the island of Sardinia, MAP Technical Report Series n° 13, UNEP, Athens, Greece, 1987.

- Beschorner, N. & A. Smith** - Libya in the 1990s, Economist Intelligence Unit Special Report, London, UK, 1990.
- Boutayeb, N.** - National large water transfers, in proceedings of Second Mediterranean Conference on Water, Rome, Italy, 1992.
- Boutros Ghali, B.** - Water management in the Nile valley. Paper to African Water Summit, Ministry of Foreign Affairs, Egypt, Cairo, 1990.
- Britton, R.H. & A.J. Crivelli** - Wetlands of southern Europe and north Africa: Mediterranean wetlands. In "Wetlands of the World", vol.1, 129-195, D. F. Whigham *et al.* (Eds), Kluwer, Netherlands, 1993.
- Butzer, K.** - Irrigation agrosystems in eastern Spain. *Annals of Association of American Geographers*, vol. 75, 479-509, 1985.
- Cosgrove, D. & G. Petts, (Eds)** - Water, engineering and landscape. Belhaven, London, UK, 1990.
- Crivelli, A.J.** - Fisheries of the Mediterranean wetlands: will they survive beyond the year 2000?, in "Fisheries in the year 2000". Proceedings of the 21st Anniversary Conference of the Institute of Fisheries Management, K. T O'Grady *et al.* (Eds), 10-14 september 1990, 237-252, London, UK, 1992.
- Daniell, Z.** - Lessons from Jerusalem. *People and the Planet*, vol. 2, 14-15, London, UK, 1993.
- Finlayson, M. & M. Moser (Eds)** - Wetlands. Facts on File, Oxford, UK, 1991.
- Gabbay, S.** - The environment in Israel. Ministry of the Environment, State of Israel, Jerusalem, Israel, 1994.
- Garbrecht, G.** - Ancient water works: lessons from history. *Impact of Science on Society*, vol. 1, UNESCO, Paris, France, 1983.
- Goldsmith E & N. Hildyard (Eds)** - The social and environmental effects of large dams, vol. 1, 2 and 3, Wadebridge Ecological Centre, Camelford, UK, 1984, 1986 and 1992.
- Goudie, A.S. (Ed)** - Techniques for Desert Reclamation. John Wiley, Chichester, UK, 1990.
- Hamdane, A.** - La gestion de l'eau en Tunisie, Direction générale du Génie rural, Ministère de l'agriculture, Tunis, Tunisie, Maroc, 1994.
- Hesse, K.H.** - Hydrogeological investigation in the Nubian aquifer system, University of Berlin, Germany, 1987.

# Bibliographie

- Hillel, D.** - Rivers of Eden. Oxford University Press, Oxford, UK, 1994.
- Hollis, G. E. & T.A. Jones** - Europe and the Mediterranean basin. In "Wetlands", Finlayson M. and M. Moser (Eds). IWRB, Slimbridge, U.K., 1991.
- Hulme, M.** - Climatic variability. In "Atlas of World Development", T. Unwin (Ed), 50-51, John Wiley, Chichester, UK, 1994.
- Jeftic, L., J.D. Milliman & G. Sestini (Eds)** - Climatic Change and the Mediterranean. Edward Arnold, London, UK, 1992.
- Jellali, M. & A. Jebali** - Water resource development in the Maghreb countries, in "Water in the Arab World", Rogers P and P. Lydon (Eds), 147-170, Harvard University, US, 1994.
- Kouyoumjian, H.H. & A. Rabbat** - Lebanon report on integrated water resources management, Priority Action Plan UNEP, Mediterranean Action Plan, Athens, Greece, 1994.
- Kulga, D. & K. Adanali** - Country report on water resources development in Turkey. Paper to regional seminar on water management strategies in Mediterranean countries, Algiers, May 1990. CCE, Brussels, Belgium.
- Lal, R.** - Water erosion and conservation, in "Techniques for Desert Reclamation", A.S. Goudie (Ed), 161-198. John Wiley, Chichester, U.K., 1990.
- Liman, A.** - La tarification dans la gestion de la demande en eau potable, Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE), Tunis, Tunisie, 1994.
- Lindh, G.** - Hydrological and water resources impact of climate change, in "Climatic change and the Mediterranean" L. Jeftic, J.D. Milliman and G. Sestini (Eds), 15-44. Edward Arnold, London, U.K., 1992.
- Lytras, C. & N. Tsiourtis** - National report on medium and long-term water management strategies: Cyprus. Paper to regional seminar on water management strategies in Mediterranean countries, Algiers, May 1990. CCE, Brussels, Belgium.
- Maltby, E.** - Waterlogged wealth. Earthscan, London, UK, 1986.
- Mangion, J.** - Application of integrated approach to development, management and use of water resources in Malta. UNEP, MAP-PAP, Luga, Malta 1994.

- 
- Margat, J.** - Les ressources en eau des pays de l'OSS : évaluation, utilisation et gestion, Observatoire du Sahara et du Sahel, avril 1994 et World Bank in Canadian Journal for Development studies, 1992.
- Margat, J.** - L'eau dans le bassin méditerranéen: situation et prospective. Economica, Les fascicules du Plan Bleu, vol. 6, 1992.
- Morgan, N.C. & V. Boy** - An ecological survey of standing waters in north-west Africa. Biological Conservation, vol. 24, 81-111 and 161-182, 1982.
- Nativ, R.** - Problems of an over-developed water system, the Israeli case. Water Quality Bulletin, vol. 13, 126-131, 1988.
- Nativ, R. & A. Issar** - Water beneath deserts: keys to the past, a resource for the present. Episodes, vol. 11, 256-261, 1988.
- Nordell, D.** - The Wet War. Scopus, vol. 1 40-45, Jerusalem, Israel, 1991.
- Pastor, X. (Ed)** - The Mediterranean. Greenpeace/Collins & Brown, London, UK, 1991.
- Pearce, F.** - Wells on conflicts on the West Bank. New Scientist, 36-40 June, 1991.
- Pearce, F. & Crivelli, A.** - Characteristics of Mediterranean Wetlands, Tour du Valat, Arles, France, 1994.
- Pearce, F.** - The Dammed. The Bodley Head, London, UK, 1992.
- Raine, P.** - Mediterranean wildlife: the rough guide. Harrap-Columbus, London, UK, 1990.
- Repetto, R.** - Skimming the water. World Resources Institute, Washington DC, U., 1986.
- Riolo, A.** - Medium and long term water management strategies in the Maltese islands, in CCE seminar, Valetta, Malta, 1990.
- Robinson, H.** - The Mediterranean Lands. University Tutorial Press, London, UK, 1973.
- Rogers P. & P. Lydon (Eds)** - Water in the Arab World. Harvard University, Boston, US, 1994.
- Ron, Z.** - Development and management of irrigation systems in mountain regions of the Holy Land, Transactions of the Institute of British Geographers, vol. 10, 149-167, London, UK, 1985.



# Bibliographie

- Salathé, T.** - Towards integrated management of coastal wetlands of Mediterranean type. Commission of the European communities XI/669/92, Brussels, Belgium, 1992.
- Salem, O.M.** - The great manmade river project. *Water Resources Development*, vol. 8, 270-278, 1992.
- Shepstone, T.** - Golf course development: demand and viability, in "Golf courses: friend or foe", British Association for Nature Conservation, London, UK, 1993.
- Shuval, H.I.** - The development of water reuse in Israel. *Ambio*, vol. 16, 186-190, 1987.
- Stanley, D.J. & A.G. Warne** - Nile delta: recent geological evolution and human impact. *Science*, vol. 260, 628-634, 1993.
- Starr, J.R.** - Water wars. *Foreign Policy*, vol. 82, 17-36, 1991.
- Tekinel, O. & J. Doorenbos** - Disengagement of the state in water resource management, in "Economic aspects of water management in the Mediterranean area", UNEP-MAP, Athens, Greece, 1995.
- White, G.** - The environmental effects of the high dam at Aswan, *Environment*, vol. 30, 5-40, 1988.
- Wigley, T.M.L.** - Future climate of the Mediterranean basin, in "Climatic Change and the Mediterranean", L. Jeftic, J.D. Milliman and G. Sestini (Eds), 15-44. Edward Arnold, London, UK, 1992.

# Index

- Achéloos : 17, 18, 38, 39, 44, 51, 52, 60, 71  
Albanie : 23, 29, 59  
Algérie : 11, 15, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 30, 35, 47, 49, 56, 57, 62, 63, 68  
Aquifères : 15, 16, 17, 19, 28, 35, 40, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 55, 58, 59, 62, 64, 75  
Assouan (barrage) : 14, 16, 26, 36, 48, 50, 62  
Axios : 17
- Barrages : 16, 28, 33, 35, 36, 38, 39, 44, 47, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 60, 64, 72
- Chypre : 23, 25, 26, 27, 29, 34, 35, 39, 58, 61, 63, 69  
Cisjordanie : 28, 34, 45, 46, 48  
Doñana : 51
- Eaux usées : 19, 23, 29, 31, 55, 63, 67  
Ebre : 15, 17, 36, 44, 50, 57  
Égypte : 14, 15, 16, 17, 23, 25, 26, 29, 34, 36, 46, 50, 62, 63, 68, 69  
Espagne : 14, 17, 18, 19, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 36, 37, 39, 44, 48, 49, 50, 51, 57, 72  
Euphrate : 34  
Evinos : 39, 52, 71  
Evros : 17  
Ex-Yougoslavie : 14, 15, 23, 25, 26, 29, 30, 60
- Gaza : 22, 26, 29, 35, 48  
Göksu : 17  
Grèce : 14, 15, 17, 18, 23, 25, 26, 29, 30, 39, 43, 44, 51, 52, 59, 60, 61, 68, 71  
Guadalquivir : 36, 51
- Irrigation : 10, 13, 18, 24, 26, 27, 28, 31, 34, 36, 37, 39, 44, 48, 51, 56, 59, 60, 62, 63, 65, 67, 68, 69, 74  
Israël : 16, 23, 25, 26, 27, 29, 35, 39, 40, 43, 45, 46, 48, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 69, 72  
Italie : 15, 22, 23, 26, 26, 27, 28, 29, 31, 36, 37, 55, 60
- Jourdain : 44, 45, 46, 48, 64
- Liban : 14, 23, 26, 28, 29, 30, 69  
Lybie : 14, 16, 26, 27, 29, 34, 35, 36, 40, 41, 46, 47, 59, 63
- Malte : 23, 25, 26, 29, 34, 35, 47, 58, 59, 61, 71  
Maroc : 15, 16, 18, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 34, 36, 39, 44, 49, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 68, 72, 73  
Menderes : 17, 65  
Mésolonghi : 39, 44, 51, 52
- Nil : 14, 15, 16, 17, 22, 23, 31, 34, 36, 37, 41, 46, 47, 50, 62
- Pinios : 44  
Pô : 15, 17, 31, 37, 55  
Pollution : 19, 24, 31, 45, 53, 64, 74  
Pompages : 19, 35, 40, 45, 46, 47, 55, 56, 58  
Portugal : 23, 25, 26, 29
- Réservoirs : 16, 17, 18, 19, 28, 35, 36, 39, 49, 50, 62, 64, 72  
Rhône : 15, 17, 36, 45, 60
- Sahara : 15, 16, 29, 34, 40, 46, 56, 58  
Salinité : 11, 19, 28, 44, 47, 48, 52, 58, 59, 62, 75  
Sardaigne : 36, 39  
Sédimentation : 49, 50, 62, 64, 72  
Sicile : 27, 31, 62  
Syrie : 23, 25, 26, 29, 45, 46, 69
- Tibre : 31  
Tigre : 34  
Transferts : 33, 37, 38, 39, 41, 44, 56, 70, 75  
Tunisie : 13, 14, 16, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 35, 36, 39, 43, 46, 47, 49, 52, 56, 57, 63, 65, 67, 69, 71  
Turquie : 15, 17, 23, 24, 25, 26, 29, 39, 41, 60, 65, 66, 68, 69

Tour du Valat  
Le Sambuc - 13200 Arles - France  
Télécopie : (33) 90 97 20 19  
E. mail : "tdvalat@lac.gulliver.fr"

Imprimé sur papier sans chlore.

Achévé d'imprimer en Avril 1996  
sur les presses de l'Imprimerie De Rudder  
84000 Avignon - 90 89 94 00



La Station Biologique de la Tour du Valat implantée en Camargue (France), a été fondée en 1954 par M. Luc Hoffmann. Sa vocation première était principalement ornithologique. Ce domaine de 2 500 hectares est l'un des rares secteurs de l'est de la Camargue où l'on trouve encore de vastes étendues de paysages presque naturels ayant échappé à la mise en valeur agricole de l'après-guerre.

Au fil des ans, le programme scientifique de la Station s'est développé, intégrant des études sur la gestion de la végétation par les herbivores domestiques, l'écologie des poissons, les stratégies d'approvisionnement optimal, le comportement, la migration et le succès de reproduction chez les oiseaux d'eau coloniaux.

Ce programme a permis à la Station d'acquérir une connaissance approfondie de l'écologie des zones humides méditerranéennes, qui peut être appliquée aux problèmes liés à la gestion des zones humides dans la région.



Le Centre d'Activités Régionales du Plan Bleu pour la Méditerranée, installé à Sophia Antipolis (France) est l'un des centres du Plan d'Action pour la Méditerranée-PNUE. Sa mission est d'observer, d'évaluer et d'explorer les évolutions possibles des relations entre environnement et développement dans le bassin méditerranéen afin de fournir aux responsables des informations fiables et cohérentes pour aider à la décision dans le sens d'un développement durable. Le CAR/PB travaille à travers un réseau d'institutions, d'observatoires nationaux, d'experts et de scientifiques des pays méditerranéens et d'organismes internationaux.

Son programme de travail comprend des études stratégiques (situations et perspectives) pour le bassin méditerranéen et au niveau local dans le cadre de programmes d'aménagements côtiers, de synthèses thématiques environnement/développement (bilans statistiques, tableaux de bord d'indicateurs, notes d'information, profils institutionnels).

Depuis ses débuts, le Plan Bleu a fait de l'eau un thème prioritaire de ses analyses systémiques et prospectives sur le Bassin Méditerranéen et a déjà publié une étude approfondie sur ce sujet dans le cadre de sa série *"les fascicules du Plan Bleu"*.



Publié avec le soutien financier de la Commission des Communautés Européennes