

## Eléments pour une nouvelle approche de la gestion de l'eau dans les pays méditerranéens

Chabrol D., Criqui P.

La Méditerranée aujourd'hui (II)

Paris : CIHEAM  
Options Méditerranéennes; n. 31

1975  
pages 89-103

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=CI01.0639>

To cite this article / Pour citer cet article

Chabrol D., Criqui P. **Eléments pour une nouvelle approche de la gestion de l'eau dans les pays méditerranéens**. *La Méditerranée aujourd'hui (II)*. Paris : CIHEAM, 1975. p. 89-103 (Options Méditerranéennes; n. 31)



<http://www.ciheam.org/>  
<http://om.ciheam.org/>

# Éléments pour une nouvelle approche de la gestion de l'eau dans les pays méditerranéens

D. CHABROL  
et P. CRIQUI

avec la collaboration de

O. GODARD et  
Jean-Charles HOURCADE (\*)

La nouvelle économie pétrolière, en augmentant de manière massive les disponibilités financières des pays exportateurs de pétrole, a renforcé considérablement les tendances faisant du bassin méditerranéen une zone destinée à un important développement économique d'ici l'an 2000. De larges possibilités de développement sont ainsi ouvertes à certains pays du Sud du Bassin, qui s'ajoutent aux perspectives de développement des pays du Nord.

Pour ces pays du Sud exportateurs de pétrole, la volonté de participer à une nouvelle division internationale du travail, l'émergence d'une volonté d'indépendance alimentaire et le souci d'assurer une mise en valeur équilibrée du territoire apparaissent comme intimement liées. C'est cette volonté d'intégration du développement et de l'aménagement du territoire qui, bien qu'elle s'exprime de manière différente dans chaque pays, paraît la plus nouvelle et la plus porteuse de changement; une modification profonde du paysage socio-économique du bassin pourrait s'en suivre.

En Algérie, le tournant dans la politique agricole que marque la charte de la révolution agraire traduit bien cette volonté. L'accent y est mis autant sur l'accroissement de la production et des rendements pour gagner peu à peu l'indépendance alimentaire que sur la rénovation rurale en profondeur destinée à mettre en valeur l'ensemble du territoire et assurer de meilleures conditions de vie aux masses paysannes.

De même, M. GAUD, ministre libyen du développement, expliquait récemment que le premier objectif pour son pays était d'atteindre l'indépendance alimentaire en 1983, le deuxième objectif, lié au premier, étant la mise en valeur de tout le territoire afin d'enrayer l'émigration des populations paysannes vers les villes littorales (1).

Enfin, on peut citer le cas de l'Irak, qui bien que n'appartenant pas au bassin méditerranéen, se trouve dans une situation comparable. La politique de ce pays est elle aussi orientée vers la recherche de l'auto-suffisance alimentaire, et au delà, vers l'exportation de produits agricoles de base, grâce à une agriculture de techniciens à haut niveau d'inputs industriels. Cette politique pourrait faire de l'Irak un nouveau grenier à blé du monde arabe.

Le caractère spécifique de l'éco-région méditerranéenne, défini par la part relative-

ment faible des terres cultivables selon les techniques les plus répandues et le niveau généralement assez bas des précipitations, confère à ces perspectives de développement un aspect problématique. Dans la mesure où les approvisionnements en eau posent dès aujourd'hui de graves problèmes, ne constitueront-ils pas à l'avenir un obstacle important au développement, ou ne conduiront-ils pas à des choix de priorité graves entre les multiples usages de l'eau, et principalement entre les usages industriels et urbains et les usages agricoles? Les contraintes d'approvisionnement en eau pourraient ainsi être de nature à remettre en cause l'équilibre du développement économique et de l'aménagement du territoire actuellement recherché.

Les contraintes envisagées au niveau de l'approvisionnement en eau ne peuvent-elles pas être levées? En fait de nombreuses expériences-pilotes et recherches techniques en cours nous invitent à rejeter toute vision alarmiste de la question: il existe de nombreuses solutions ingénieuses qui permettraient d'améliorer sensiblement la situation. Cependant la mise en œuvre intégrée de ces solutions fait appel à une nouvelle approche de la gestion de l'eau et de son articulation avec la planification du développement.

## LEÇONS D'UNE ESTIMATION PAR GRANDES MASSES DES RESSOURCES ET DES DEMANDES EN EAU A L'ECHELLE DU BASSIN MEDITERRANEEN

Lorsque l'on constate que le bassin méditerranéen est une zone appelée à un fort développement industriel et agricole d'ici la fin du siècle, on peut légitimement se poser la question de savoir si les ressources en eau douce de la région seront en quantités suffisantes. Pour éclairer cette question, une rapide projection par grandes masses va nous être utile. Une telle approche en termes seulement quantitatifs est habituelle dans les travaux de prospective de l'eau; il s'agit là d'une façon d'aborder le problème qui, si elle ne rend pas compte de tous les aspects est cependant utile dans notre perspective car elle permet de présenter l'état actuel de l'utilisation de l'eau à l'échelle la plus globale (2).

(\*) Chercheurs au CIRED (Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement).

(1) Déclaration du Ministre d'État pour le développement agricole, M. GAUD, à *L'Express*, 14-20 avril 1975.

(2) Voir, comme exemple d'approche prospective de l'eau en termes strictement quantitatifs: FALKEUMARK (M.) et LINDH (G.). — How can we cope with the water resources situation by the year 2015. In *Ambio*, vol. 3, n° 3-4, 1974.

Notre but n'est pas de prévoir les demandes en eau de chaque secteur afin de construire une politique d'approvisionnement, mais d'élaborer une projection de référence globale dans le but de révéler les écarts globaux entre offre et demande et donc les problèmes posés par la continuation de l'approche actuelle de la gestion de l'eau. Les problèmes de qualité de l'eau et de quantités à petite échelle ne peuvent naturellement pas être saisis de cette manière.

Les données que nous allons présenter portent sur le bassin méditerranéen dans son ensemble, c'est-à-dire l'ensemble des pays ayant une façade maritime sur la Méditerranée. Nous distinguerons trois grands types d'utilisation de l'eau : agricole, industrielle et urbaine ou domestique.

L'apport total moyen annuel des fleuves à la Méditerranée est estimé à 520 000.10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (3).

Cent millions d'hectares sont cultivés dans les pays du Bassin (étant exclus 15 millions d'ha de la France non méditerranéenne), parmi lesquels 16 millions environ sont irrigués (4, 5). Bien que M. LE HOUÉROU admette des doses d'irrigation annuelles moyennes de 7 500 m<sup>3</sup>/ha/an (6), il nous paraît préférable de prendre une moyenne de 10 000 m<sup>3</sup>/ha/an. En effet, on peut remarquer qu'en Égypte, 48 000 millions de m<sup>3</sup> sont utilisés pour irriguer 3 à 3,5 millions d'ha (7). Ainsi, nous admettons que 160 000 millions de m<sup>3</sup> sont consacrés annuellement à l'irrigation, soit plus de 30 % de l'apport total moyen annuel de tous les fleuves.

Pour la consommation domestique, M. HOLY retient une moyenne mondiale de 70 l/pers./j, soit 25 m<sup>3</sup>/pers./an (8). Mais nous devons aussi tenir compte des consommations urbaines non domestiques : hôpitaux, piscines, administrations, jardins publics, lavage des rues, etc. Dans les grandes villes des pays développés, la demande urbaine atteint le triple de la demande domestique (9). Elle peut atteindre 500 l/pers./j dans une grande ville comme Paris (10). On constate à Marseille une demande de 300 l/pers./j (11), de 125 l/pers./j à Athènes (8), de 100 l/pers./j à Alger (12). Dans les zones rurales, la demande peut baisser jusqu'à 30 l/pers./j. Il semble que pour le bassin méditerranéen, qui est assez urbanisé, une moyenne de 100 l/pers./j soit raisonnable, soit 36 m<sup>3</sup>/pers./an. Pour 250 millions d'habitants (13) on obtient donc 9 000 millions de m<sup>3</sup> pour

la demande domestique et urbaine, soit près de 20 fois moins que la demande agricole.

La demande industrielle est beaucoup plus difficile à estimer. Jusqu'ici, lorsque nous parlions de demande, nous entendions prélèvement (14), c'est-à-dire la quantité d'eau prise dans une ressource, compte non tenu d'une éventuelle restitution, et non de la consommation, obtenue en faisant la différence entre le prélèvement et la restitution. Or, si la consommation constitue une part importante des prélèvements agricoles et urbains ou domestiques, il n'en est pas de même des prélèvements industriels. Ainsi, aux États-Unis, en 1965 :

Ratio	Consommation prélèvements	pour :
L'agriculture . . . . .	60	%
Les villes et les ménages . . . . .	25	%
L'industrie . . . . .	3,5	%
L'industrie (non comprises les centrales électriques) . . . . .	8	%

La demande est de plus très variable suivant les procédés employés : ainsi, une tonne d'acier peut demander de 2 m<sup>3</sup> à 300 m<sup>3</sup> d'eau.

Aussi serait-il illusoire et de peu d'intérêt d'avancer des chiffres pour la demande ou la consommation industrielle. Nous pouvons cependant remarquer que la demande mondiale de l'industrie est estimée à 22 % de la demande globale (16), et qu'aux États-Unis (17), comme en France dans le Bassin Rhône-Méditerranée-Corse (18), les prélèvements de l'industrie sont à peu près égaux à ceux de l'agriculture.

Abordons maintenant les perspectives à long terme de l'utilisation de l'eau. La FAO prévoit un doublement des superficies irriguées dans le monde d'ici 2000 (18). L'Espagne veut multiplier les siennes par 2,35 (19). La superficie irriguée dans les pays du pourtour méditerranéen a été doublée en 15 ans (1960-75) (20), ce qui correspond à un taux d'accroissement annuel de 4,7 %, ce qui sur 25 ans donnerait un triplement des superficies irriguées. Parallèlement, la population des pays riverains augmentera de 56 % si les taux actuels se prolongent, mais de plus de 80 % pour les pays du Sud (où l'aridité est plus grande) d'ici 2000 (21). La mise en culture de nouvelles terres, le développement de

(3) Travaux de LACOMBE et RICHEL (1961), cités par DOUMENGE (F.). — La mer Méditerranée. In *Encyclopaedia Universalis*, vol. 10, 1974, p. 74; l'estimation de 7 300 m<sup>3</sup>/s, soit 230 000 millions de m<sup>3</sup> par an, de SVEDRUP, citée par GULLAND (J. A.), *Fishes Resources of the Oceans*, Fisheries Technical Papers, n° 97, FAO, semble correspondre à des travaux plus anciens (SCHOTT, 1928), alors que celle que nous retenons est confirmée par CARTER (1956), cité par DOUMENGE (F.), op. cit.

(4) HOLY (M.). — *Water and the Environment*. FAO, Rome, 1971.

(5) BERAUD (D.) et GABRIEL (N.). — *Politiques de l'irrigation dans les pays méditerranéens membres de l'OCDE*. Options Méditerranéennes, n° 14, août 1972, p. 24.

(6) LE HOUÉROU (H. N.). — *Problèmes et potentialités des terres arides de l'Afrique du Nord*. Options Méditerranéennes, n° 26, 1975, p. 23.

(7) OVERMAN (M.). — *L'eau dans le monde*. Larousse, Paris, 1970, p. 75.

(8) Op. cit.

(9) CHERET (I.). — *L'eau*. Le Seuil, 1967, p. 38.

(10) *Manuel pour l'établissement des bilans des ressources et des besoins en eau*. ONU, Commission économique pour l'Europe, New-York, 1974, p. 40-41.

(11) Source : Société du Canal de Provence, 13 Le Tholonet.

(12) *Étude sur les ressources en eau de la Mitidja*. Secrétariat d'état à l'Hydraulique, RADP, Alger, juin 1972.

(13) 280 millions dans les pays riverains, d'où nous ôtons 30 millions de français non méditerranéens.

(14) Selon la terminologie du *Livre blanc de l'eau*, Documentation Française, 1975; en anglais, les termes correspondant à prélèvement et consommation sont « withdrawal » et « effective use ». Pour diverses raisons d'ordre physique et théorique, nous préférons les termes de prélèvement brut et prélèvement net.

(15) *Water Management, Basic Issues*, OCDE, 1972, p. 50.

(16) HOLY (M.). — Op. cit.

(17) OCDE, op. cit.

(18) *Les problèmes de l'eau dans le Bassin Rhône-Méditerranée Corse*. Documentation Française, Paris, 1971, p. 14.

(19) QUINTELA GOIS (C.). — *Contribution au bilan hydrique mondial*. Colloque de Reading, AIHS-UNESCO-OMM, 1972, p. 334-342.

Tableau résumant les principales données et projections

	1975	2000
Apport total moyen annuel des cours d'eau (m <sup>3</sup> ) . . . . .	520 000	520 000
Population (millions) . . . . .	250	380
Superficie irriguée (ha) . . . . .	16	32 à 48
Demande agricole (m <sup>3</sup> ) . . . . .	160 000	320 000 à 480 000
Demande urbaine et domestique (m <sup>3</sup> )	9 000	20 000
Taux d'utilisation de la ressource pour les usages précités (%) . . . . .	25	66 à 95

l'agriculture en sec peuvent être dans la région des éléments importants de la mise en valeur du territoire, mais ils ne pourraient permettre d'assurer la production additionnelle nécessaire à l'autosuffisance alimentaire du Bassin. Il semble donc raisonnable de considérer que les superficies irriguées pourront être 2 à 3 fois supérieures en l'an 2000. En prenant un coefficient moyen de 2,5, c'est de 400 000 millions de m<sup>3</sup> qu'aurait besoin l'agriculture en 2000, soit plus de 75 % de l'apport total moyen annuel des fleuves.

Si l'on considère l'augmentation de la population, la croissante urbanisation et le développement des usages de l'eau, c'est d'au moins 20 000 millions de m<sup>3</sup> qu'auraient besoin les usages urbains et domestiques de l'eau. Les remarques que nous avons faites sur l'utilisation industrielle actuelle de l'eau valent aussi pour les prévisions.

Nous voyons donc qu'il faudrait passer d'un prélèvement égal à environ 25 % des ressources en eau de surface à un prélèvement de 80 %, les techniques d'utilisation et les ressources restant ce qu'elles sont. Il faut remarquer que les techniques actuelles de mobilisation et de régulation de la ressource passent par de grands ouvrages de retenue, dont la taille doit être de plus en plus importante au fur et à mesure que l'on s'approche de la régulation totale. Ainsi, en Espagne, où il est prévu de passer d'un taux d'utilisation de 28 % à un taux de 67 %, le volume régulier devra augmenter de 70 % et la capacité de stockage de 150 % (22). De plus, des ouvrages devront permettre des transferts d'eau entre bassins, certains accusant déjà un déficit supérieur à 2 000 m<sup>3</sup> (22).

Nous pouvons conclure de cette projection qu'il sera sinon physiquement impossible, du moins extrêmement difficile et coûteux, non seulement en investissements, mais en sols (puisque les grandes retenues stérilisent les vallées qui sont parmi les meilleures terres), de répondre par les techniques et les ressources actuelles aux demandes futures les plus importantes. C'est sans tenir compte des besoins de l'industrie.

Pourtant, ceux-ci peuvent poser des problèmes importants. Il s'agit d'une part de la répartition de la ressource existante, et d'autre part des externalités négatives que l'industrie peut occasionner à l'agriculture par le biais des rejets. En effet, si l'agriculture consomme de l'eau en quantité, on pourrait dire que l'industrie consomme de l'eau en qualité : l'utilisation industrielle de l'eau se traduit moins par une consommation quantitative que par une modification des paramètres de qualité de l'eau : température, matières oxydables, salinité, etc.

On pourrait penser que la question de la répartition de l'eau entre les activités est justiciable d'une gestion à court terme opérant dans chaque cas les choix qui s'imposent. En fait, le résultat global d'une telle gestion serait lourd de conséquences au niveau d'un État. Nous connaissons en effet une fonction de production rudimentaire de l'eau : il faut 2 m<sup>3</sup> pour faire 1 tonne d'acier dans les installations les plus modernes (23); des techniques économiques en eau (irrigation par aspersion

par exemple) et suffisamment intensives peuvent utiliser 5 000 m<sup>3</sup> pour faire 100 quintaux de maïs (sur 1 ha pendant 1 an); un habitant d'Alger utilise 36 m<sup>3</sup> par an, 1 m<sup>3</sup> correspond donc à 10 jours d'utilisation pour un habitant.

1 m <sup>3</sup> d'eau donne	}	500 kg acier
		ou
		2 kg maïs
		ou
		10 journées pour
		1 habitant

Il est donc évident que les importances sociales relatives des différents produits, quels que soient les critères utilisés, défavorisent toujours l'agriculture.

Ainsi, même lorsqu'une gestion rationnelle serait appliquée dans chaque cas où un choix serait nécessaire, cela aurait pour conséquence de n'attribuer à l'agriculture que les quantités qui n'ont pas été prises par les autres utilisateurs. De plus, comme les usages industriels sont très concentrés géographiquement, les quantités d'eau qu'ils prélèvent privent d'eau des surfaces bien plus étendues que celles que les installations industrielles occupent directement. Ainsi, des terres fertiles pourraient être privées d'eau et rendues inutilisables. De plus, les précipitations côtières, certes faibles et insuffisantes, mais néanmoins utiles et supérieures à celles de l'intérieur, seraient perdues. L'agriculture serait donc rejetée sur des terres en moyenne moins fertiles, sous des climats plus arides, et à une plus grande distance des centres de consommation.

La difficile compatibilité entre l'usage agricole et l'usage industriel de l'eau est encore plus nette dans les pays méditerranéens. En effet, des industries situées au fil d'un cours d'eau rejettent leurs eaux dans celui-ci; elles peuvent être alors, après dilution et éventuellement épuration, relativement apte à l'usage agricole. Au contraire, les industries côtières rejettent leurs eaux dans la mer, ce qui, sans préjuger des dégâts causés au milieu marin, interdit un nouvel usage. Même dans le cas d'une industrie située à l'intérieur des terres, le régime extrêmement irrégulier, et la faible importance des cours d'eau aboutirait à une concentration élevée de leurs eaux en éléments nocifs aux organismes végétaux.

Nous voyons donc que de nombreux facteurs s'opposent à ce qu'une gestion de l'eau à court terme et cas par cas soit cohérente avec les volontés exprimées d'équilibre agriculture-industrie à long terme que nous avons signalées plus haut. Elle ne pourrait enrayer un processus de rejet des activités agricoles vers les terres les plus arides de l'intérieur, privant d'eau les meilleures terres littorales et laissant perdre les précipitations des régions côtières.

La volonté d'établir à la fois un développement économique équilibré entre les secteurs industriels et le secteur agricole et dans sa répartition spatiale et une gestion rationnelle de l'eau doit donc s'exprimer par l'établissement d'une gestion à long terme et la définition d'une nouvelle articulation entre la gestion de l'eau et la planification du développement. Cette ges-

(20) BÉRAUD (D.) et GABRIEL (N.). — Op. cit.

(21) MALASSIS (L.) et PAPAYANNAKIS (M.). — *Introduction statistique à l'analyse de l'économie agricole de la façade méditerranéenne. Options Méditerranéennes*, n° 8, août 1971.

(22) QUINTELA GOIS (C.). — Op. cit.

(23) Doc. Usinor, op. cit.

tion suppose la mobilisation de techniques permettant d'envisager des rapports différents entre les diverses utilisations de l'eau. En fait, de nombreuses expériences-pilotes montrent que des techniques de ce type existent déjà à l'état opératoire.

### LES PRINCIPAUX AXES POUR LEVER LES CONTRAINTES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU

Avant d'envisager les principaux axes permettant de lever les contraintes des approvisionnements en eau, il est nécessaire de restituer l'utilisation humaine de l'eau dans le cadre du cycle hydrologique pris d'une manière globale.

Si l'on considère les différents stocks de la planète, on constate que 97 % du stock total sont constitués par les eaux océaniques (24) :

Océans . . . . .	1 300 à 1 600	$10^{15}$ m <sup>3</sup>
Glaces . . . . .	16 à 51	$10^{15}$ m <sup>3</sup>
Eaux souterraines (0 à - 4 000 m) . . . . .	8	$10^{15}$ m <sup>3</sup>
Eaux douces de surfaces . . . . .	0,025 à 0,200	$10^{15}$ m <sup>3</sup>
Atmosphère . . . . .	0,013 à 0,005	$10^{15}$ m <sup>3</sup>

Les flux annuels entre les stocks sont répartis de telle manière que les précipitations terrestres qui permettent la réalimentation de la partie terrestre du cycle ne représentent que le quart des précipitations totales (25) :

	Précipitations	Évaporations	Écoulement
Océans . . . . .	$318 \cdot 10^{12}$ m <sup>3</sup>	$354 \cdot 10^{12}$ m <sup>3</sup>	
Continents . . . . .	$97 \cdot 10^{12}$ m <sup>3</sup>	$61 \cdot 10^{12}$ m <sup>3</sup>	$36,2 \cdot 10^{12}$ m <sup>3</sup>
<b>Total . . . . .</b>	<b><math>415 \cdot 10^{12}</math> m<sup>3</sup></b>	<b><math>415 \cdot 10^{12}</math> m<sup>3</sup></b>	

L'utilisation humaine de l'eau se traduit ainsi soit par la création d'un flux à partir d'un stock préexistant (forage de nappes profondes, par exemple), soit par le détournement d'un flux naturel (régulation des eaux de surface).

Cependant, dans l'état actuel des techniques, on constate que l'homme n'utilise qu'un nombre très limité de stocks ou de flux : il s'agit presque exclusivement des stocks et des flux d'eau « pure », peu chargée en matières organiques ou minérales. Dans cette optique, le problème de l'approvisionnement en eau se pose en termes purement quantitatifs : c'est celui de la mobilisation croissante des stocks et des flux d'eau « pure ».

Or, l'aptitude de l'eau à certains usages ne correspond pas à un état de pureté défini *a priori* mais à l'adéquation entre certains paramètres de qualité (température, matières dissoutes ou en suspension) existants et certains paramètres souhaités : ainsi, une eau chargée en éléments fertilisants est plus adaptée à l'irrigation qu'une eau de boisson.

De plus la prise en compte des problèmes de l'eau en termes purement quantitatifs entraîne à moyen terme l'apparition de situations où la faiblesse des approvisionnements en eau joue comme une contrainte forte du développement.

Les ressources en eau « pure » étant physiquement limitées, il est nécessaire, pour augmenter les marges de liberté, de considérer comme ressources potentielles l'ensemble des flux et des stocks d'eau, que celle-ci soit douce ou salée, « pure » ou usée, liquide ou gazeuse. La contrainte principale réside dans le fait que tout usage ne peut se satisfaire de toute qualité de l'eau et inversement que toute qualité ne peut remplir tout usage. Il faut donc considérer les correspondances entre les différentes qualités de l'eau et les exigences de chaque usage.

Ceci amène soit à trouver des usages (nouveaux ou existants) se satisfaisant des qualités des eaux des nouvelles ressources envisagées, soit à changer la qualité de ces nouvelles ressources pour qu'elles puissent satisfaire certains usages (nouveaux ou

(24) Voir PENMAN (H. L.). — The water cycle. In *Scientific American*, vol. 223, n° 3, 1970 ou MORETTE (L.). — *Précis d'Hydrologie*, Paris, Masson, 1970.

(25) SERRA (L.). — *L'hydrologie des Eaux de surface*. Livre Géophysique, Paris, Encyclopédie de la Pléiade, 1971.

existants). Ces deux types d'action ne sont pas exclusifs; il est souhaitable au contraire d'envisager simultanément les possibilités de changer les exigences des usages et les qualités des ressources disponibles.

La rationalisation de la gestion des ressources en eau doit donc s'appuyer sur 5 axes principaux :

— en ce qui concerne les qualités d'eau couramment utilisées en l'état actuel des techniques, il est possible soit d'*augmenter l'offre* en mettant en valeur de nouveaux stocks, soit de *diminuer la demande* en rationalisant la distribution ou en diminuant la demande spécifique de chaque utilisateur;

— la mise en valeur de stocks qualitativement nouveaux par leur transformation ou la mise en place de nouveaux usages permettent de jouer simultanément sur l'offre et la demande : il y a augmentation de l'offre puisque des stocks jusqu'ici non mobilisés passent à l'état de ressources, mais il y a également diminution de la demande puisque les usages satisfaits par les nouvelles ressources vont diminuer leur demande en ressources anciennes.

Ces 5 axes vont nous permettre de donner une présentation d'ensemble des recherches et expériences actuellement réalisées ou en cours de réalisation. Ces dernières seront principalement choisies dans la région méditerranéenne. Nous présenterons d'abord des solutions relevant de l'application d'un seul axe et ensuite des solutions intégrées combinant plusieurs de ceux-ci. Ces solutions intégrées sont évidemment particulièrement intéressantes en raison de leur richesse.

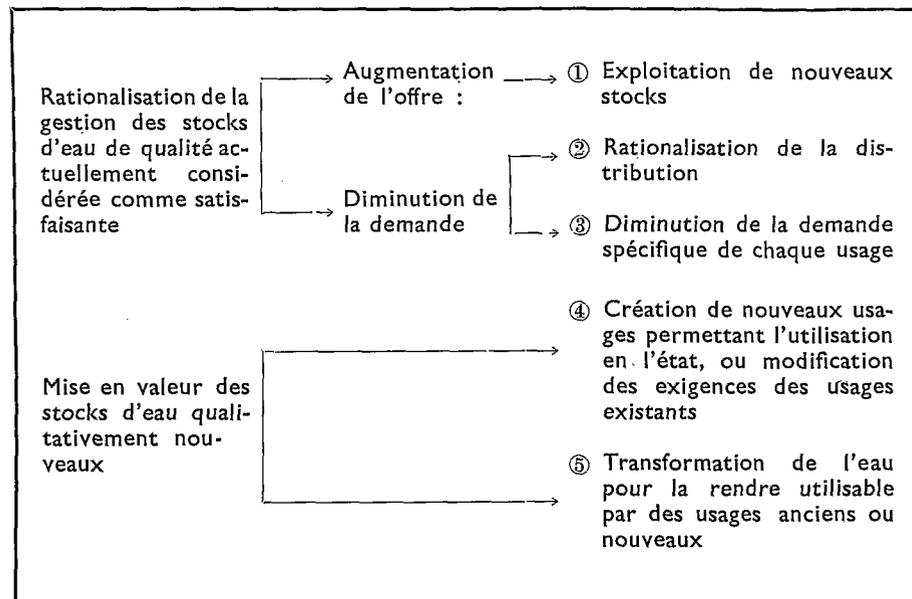
## Exemples d'actions possibles

### L'exploitation de nouveaux stocks ou de nouveaux flux d'eau « pure »

Il convient d'abord de citer les techniques permettant de mobiliser des quantités croissantes d'eau douce dont la qualité n'a pas été modifiée par des usages humains. Ces techniques recouvrent soit l'exploitation de nouveaux stocks (nappes fossiles), soit la meilleure exploitation de flux existants et souvent déjà partiellement utilisés (cours d'eau, ruissellement, nappes phréatiques). Notre but n'est pas de faire ici le point technique et économique de ces solutions largement étudiées, pratiquées et connues, mais d'attirer l'attention sur certains aspects moins couramment envisagés et sur les problèmes que peuvent poser ces techniques.

#### • Les barrages

Les barrages constituent la solution la plus répandue d'augmentation des ressources par la régulation des flux qui permet de faire coïncider dans le temps les débits et les besoins. Cependant, il faut souligner que l'avenir de cette solution n'est pas le même dans tous les pays, la présence de grands fleuves et la saturation plus ou moins grande des sites possibles



jouent un rôle important. Ainsi, les perspectives d'accroissement sont très fortes pour la Turquie, la Syrie ou l'Irak, tandis que 80 % du potentiel libanais et 50 % du potentiel espagnol sont d'ores et déjà mobilisés (26).

Un aspect peu envisagé de ce genre de réalisations est celui de leurs conséquences écologiques. Or, de nombreuses études ont montré que celles-ci étaient parfois considérables (27), (28) : qu'il s'agisse de la submersion des fonds de vallée (souvent les meilleures terres agricoles), des risques d'aggravation des conditions sanitaires (liés par exemple à l'expansion de parasitoses comme la bilharziose), de la création de micro-climats, l'impact des grands barrages sur l'environnement est loin d'être toujours positif. Or, les études de faisabilité qui président aux choix des projets ne peuvent pas prendre en compte les effets non quantifiables de manière monétaire et les effets à long terme de chaque réalisation, lorsqu'elles s'appuient sur des méthodes d'actualisation. De plus, et en particulier dans le cas du bassin méditerranéen, la durée de vie des barrages avant leur comblement est difficile à apprécier. Ce problème renvoie à celui de l'érosion et de la gestion intégrée des sols et des eaux.

La sous-estimation des effets à long terme ou non directement appréciables en termes monétaires ainsi que la mise en avant des bénéfices à court terme qui pourront être réalisés grâce à une agriculture de type hautement commerciale (29), (30), entraînent trop souvent l'exclusion des techniques de mise en valeur liées à la petite hydraulique au profit de grands travaux et ceci en partie à cause

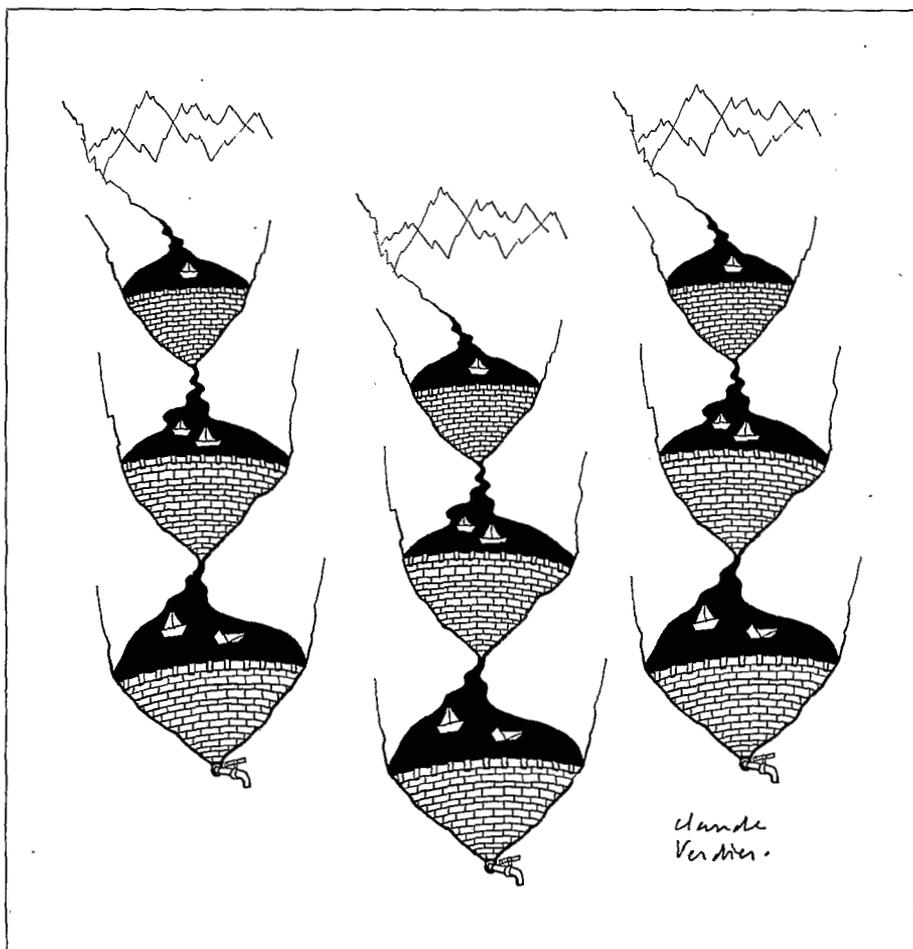
(26) Ces données ont été reprises récemment dans la presse; voir par exemple « L'Europe découvre la Méditerranée », in *L'Expansion*, n° 76, juillet-août 1974.

(27) Voir GODARD (O.) et LAGADEC (P.). — *L'impact des Projets de Développement sur l'Environnement. Contribution à la théorie de la planification*, Paris, Groupe de Recherche sur les Stratégies de Développement, EPHE, VI<sup>e</sup> Section, juin 1972.

(28) *Compte rendu du XI<sup>e</sup> Congrès International des Grands Barrages*. Vol. I, Question n° 40 : Conséquences de la construction des grands barrages sur l'environnement, Madrid, 11-15 juin 1973.

(29) *Étude de factibilité pour l'irrigation de la plaine de Bekaa (Liban)*. Société du Canal de Provence, Le Tholonet, France, 1970.

(30) OVED (G.). — Un développement régional intégré : l'exemple du bassin du Sebou. In *Options Méditerranéennes*, n° 11, février 1972.



salée dans la nappe de l'embouchure du Gapeau, fleuve côtier des Alpes-Maritimes (33).

Les nappes fossiles doivent être considérées comme une ressource non renouvelable dont l'exploitation ne peut être que temporaire; il ne faut donc l'utiliser que de manière transitoire ou bien préparer des solutions alternatives pour le futur. Bien souvent cependant, plus qu'avec la limite physique du stock qui peut être très éloignée, il faut compter avec une limite économique : en effet, l'exploitation fait baisser le niveau piézométrique et conduit rapidement à des coûts de pompage prohibitif. Ainsi à Koufra en Libye, la nappe n'est utilisée que pour procurer immédiatement une production agricole, en attendant que les travaux d'aménagement entrepris dans le Nord portent leurs fruits.

● *L'exploitation d'un flux peu pris en compte: le ruissellement en zone aride*

Dans les zones semi-arides où les précipitations existent, mais sont insuffisantes pour l'agriculture (50-200 mm/an), il est néanmoins possible de cultiver, mais à condition de concentrer sur quelques champs l'eau de pluie recueillie sur de très grandes surfaces. Il s'agit de l'exploitation d'un flux qui sinon se perd, pour l'essentiel en évaporation.

Les techniques d'agriculture de ruissellement qui utilisent soit l'eau récoltée de la manière que nous allons exposer, soit l'eau des crues des petits fleuves des zones semi-désertiques ont été employées au Moyen-Orient depuis plus de 4 000 ans. Elles permettaient à des populations du Négev de vivre dans des zones où les précipitations annuelles n'excédaient pas 80 mm par an.

Les techniques de collecte d'eau de pluie sont développées à nouveau aujourd'hui grâce à l'emploi de matériaux nouveaux (34). La plupart de ces techniques consistent à recueillir par un petit canal les eaux qui ruissellent au flanc d'une colline, dont le sol a été préparé, soit par un simple damage, soit par une projection de matériaux imperméables (silicones, asphalte, cire). Cette préparation permet d'éviter les pertes par infiltration et l'érosion des sols. L'eau ainsi obtenue peut être utilisée soit pour l'alimentation en eau des populations isolées, soit pour l'agriculture.

Les plantes les mieux adaptées sont les plantes perennes à racines profondes, ainsi que les plantes à maturation rapide ne nécessitant qu'un seul approvisionnement en eau au cours de la période végétative :

**Rendements obtenus dans le Négev (1971)**

Pêches . . . . .	6 - 12 t/ha
Figues . . . . .	6 - 8 t/ha
Tournesol (graines) . . . . .	5,4- 6,9 t/ha
Orge . . . . .	1,3-48 t/ha
Luzerne . . . . .	16 -38 t/ha

Ce type d'agriculture a le double avantage de permettre la mise en culture de régions marginales considérées jusqu'alors

des méthodes d'évaluation de projets adoptées. Il est vrai que les grands barrages bénéficient aussi d'une plus grande simplicité de gestion qu'un grand nombre de petits ouvrages.

● *Les nappes phréatiques et fossiles*

Ces deux ressources sont de nature fondamentalement différente. Les nappes fossiles se sont constituées lors des périodes glaciaires il y a quelque cent millions d'années (31) et n'ont plus qu'une alimentation dérisoire par rapport au stock qu'elles représentent. Dans le cas du Sahara (32), le stock est évalué à 60 000 milliards de m<sup>3</sup>, soit à peu près 220 fois le débit annuel de tous les fleuves du bassin méditerranéen, tandis que le flux de renouvellement est de moins d'un million de m<sup>3</sup> par an.

Au contraire, les nappes phréatiques sont en liaison directe avec les eaux de surface et sont donc alimentées par les cours d'eau et par les précipitations. Elles s'analysent donc comme une ressource renouvelable, même s'il est difficile d'estimer le flux qu'elles représentent en raison même de leur liaison avec la surface : suivant la nature du sol, la plus grande partie de l'écoulement se fera en surface ou en sous-sol. En cas de surexploitation les dangers encourus en raison de la baisse du niveau piézométrique sont très graves, puisqu'en de telles circonstances il peut se produire une intrusion d'eau marine salée rendant la nappe inutilisable. Un exemple récent est celui de l'intrusion d'eau

(31) FURON (R.). — *Le problème de l'eau dans le Monde*. Paris, Payot, 1963.

(32) *Ressources en eau du Sahara Septentrional*. Rapport final, 1972.

(33) Source: Société du Canal de Provence (13 Le Tholonet).

(34) Report of the Ad Hoc Panel, *More Water for Arid Lands*, National Academy of Sciences, Washington D.C., 1974.

comme non valorisables, ainsi qu'à mobiliser des ressources en eau qui seraient sinon perdues. Sur ce plan, elle est tout à fait comparable à toutes les techniques d'agriculture en sec sur terrasses ou banquettes déjà utilisées dans le Bassin Méditerranéen.

#### ● L'exploitation du stock atmosphérique

Certains considèrent qu'il serait possible de mettre à profit le stock atmosphérique grâce à l'emploi de gigantesques cheminées de plastique dans lesquelles l'air chaud relativement humide au niveau du sol produirait un courant ascendant, se condenserait en altitude sur les parois, et ruissellerait jusqu'au sol. Aucune expérience ne semble avoir eu lieu, et l'application de ce genre de technique paraît hypothétique (35).

#### Rationalisation de l'organisation des circuits de distribution et de la mise à disposition de l'eau

##### ● Réduction des pertes par évaporation ou infiltration dans les canaux et réservoirs

Il existe une gamme très étendue de techniques permettant de réduire l'infiltration (du simple damage au revêtement du fond par des films plastiques) de même que l'évaporation (couverture des canaux, film de cire fondue et d'alcool) sur les réservoirs (36), (37). En matière de stockage de l'eau dans des régions où l'évaporation est très élevée, une des techniques les plus simples et les plus efficaces semble être celle des barrages ou réservoirs ensablés (36). Il s'agit de remplir ou de laisser remplir par des sédiments adéquats le réservoir. La capacité de stockage en est réduite, mais l'évaporation aussi. Si la capacité de stockage est divisée par deux, l'évaporation est dix fois moindre; il est facile de voir que le bilan est positif si la profondeur moyenne du réservoir n'excède pas 3 m. De telles installations sont utilisées en Namibie depuis 1907, au Soudan et en Arizona.

Une autre façon de diminuer les pertes en stockage est d'utiliser comme réservoir la nappe phréatique; ainsi, en Libye, il est prévu de construire un barrage permettant de retenir la crue d'un oued afin d'infiltrer ensuite celle-ci dans la nappe qui alimente la côte (38).

##### ● Le recyclage industriel

Le recyclage industriel a globalement pour effet de diminuer la quantité prélevée par les industries et non de diminuer la quantité effectivement consommée. Ainsi, il apparaît moins comme une diminution de la demande, que comme une organisation de la distribution permettant de satisfaire du maximum d'usages en un point et en un moment donné.

Le recyclage a d'autant plus d'intérêt dans les pays que nous considérons que les industries sont concentrées sur les côtes et que leur rejet rejoint plutôt la mer que les fleuves, ce qui les rend totalement

inutilisables. Les possibilités techniques sont très grandes. Ainsi l'amélioration des procédés de recyclage a eu l'effet suivant dans le cas de l'aciérie Usinor à Dunkerque (39) :

Années	Consommation annuelle d'eau (m <sup>3</sup> )	Production annuelle d'acier (t)	Consommation annuelle d'eau à la tonne d'acier (m <sup>3</sup> )
1963 . . .	4 775 000	547 000	8,8
1964 . . .	6 534 000	1 170 000	5,7
1965 . . .	5 749 000	1 457 000	3,9
1966 . . .	3 363 000	1 570 000	2,3
1967 . . .	2 792 000	1 720 000	1,6
1968 . . .	3 018 000	1 755 000	1,7
1969 . . .	5 886 000	2 505 000	2,35
1970 . . .	7 372 085	3 016 000	2,43
1971 . . .	7 402 220	2 850 000	2,60
1972 . . .	7 722 760	3 359 000	2,30

Dans son état final, l'installation ne prélève qu'un appoint destiné à compenser les pertes et ne rejette aucun effluent liquide.

#### Modifier la qualité des ressources

On peut distinguer deux grandes ressources d'une qualité généralement jugée insuffisante : les eaux dites « usées » et l'immense stock de la mer. Le dessalement et l'épuration sont les procédés permettant de les ramener à un niveau de qualité considéré comme acceptable.

##### ● Le dessalement

On peut distinguer deux types de techniques : le dessalement sur une grande échelle qui est très consommateur d'énergie fossile ou nucléaire, et le dessalement sur une petite échelle, qui peut faire appel à l'énergie solaire.

En ce qui concerne le premier type de procédé le problème principal est celui du prix de revient élevé du m<sup>3</sup> dû à l'importance des investissements et des consommations d'énergie. Au moment du développement de l'énergie nucléaire on a pu penser qu'il serait possible, en jouant sur les économies d'échelles et la complémentarité entre la production d'électricité et la production d'eau douce, d'abaisser considérablement le prix du m<sup>3</sup>. C'est ainsi que des projets assez démesurés ont vu le jour tel celui des Nuplex (41), (42) combinant une centrale électrique nucléaire de 1 000 MW électriques avec une unité de désalinisation de 4 millions de m<sup>3</sup>/j intégrées dans un complexe agro-industrialo-portuaire géant.

L'échelle de ces projets apparaît mieux lorsqu'on sait que les plus grandes unités aujourd'hui en service ne dessalent que 200 000 m<sup>3</sup>/j. Les risques d'échec d'une opération d'une telle envergure ont fait repousser sa réalisation à une date indéterminée.

En ce qui concerne la désalinisation de quantités limitées inférieures à 200 m<sup>3</sup>/j, l'utilisation de l'énergie solaire est tout à

(35) Une telle cheminée devrait avoir 3 000 m de hauteur; voir « The control of the water cycle », in *Scientific American*, avril 1973.

(36) *More Water for Arid Lands*, op. cit.

(37) PEREIRA (H. C.). — *Land Use and Water Resources*. Cambridge, Cambridge University Press, 1973.

(38) *Source*: Société du Canal de Provence (13 Le Tholonet).

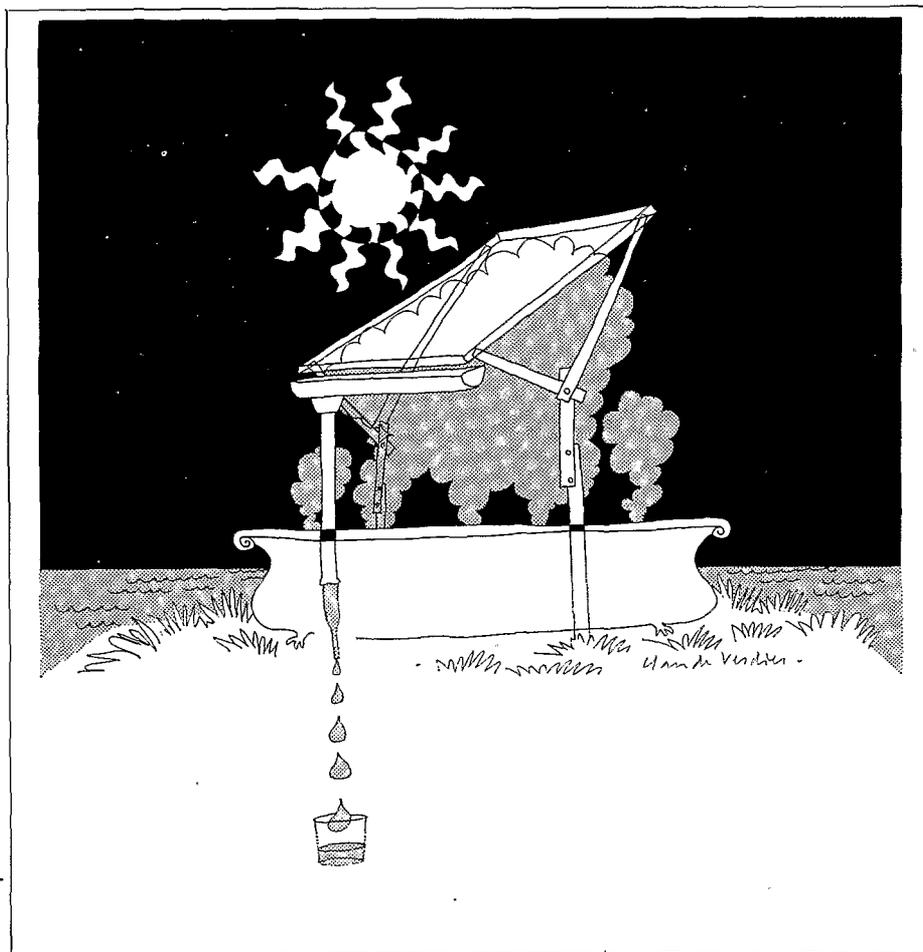
(39) MOET (H.), CHAON (J.), HUYSMAN (M.). — Principaux aspects de la lutte contre la pollution atmosphérique et la pollution des eaux à l'usine de Dunkerque. In *Revue de la Métallurgie*, novembre 1973.

(40) L'augmentation de 1969 correspond à l'entrée en service d'une cokerie.

(41) MEYER (R. L.). — The social impact of a Nuplex. In *Bulletin of Atomists Scientists*, mars 1969.

(42) Desalted water for agriculture, is it economic? In *Science*, vol. 164, n° 884, 6 juin 1969.

(43) *La distillation solaire: une solution au problème de l'alimentation en eau pour des besoins limités*, Nations-Unies, New-York, 1972.



fait envisageable pour la distillation (43). Il s'agit de faire séjourner l'eau salée sous un toit de matière transparente. L'eau s'évapore, se condense et est recueillie dans des rigoles à la base du toit. Le rendement moyen d'un distillateur solaire est d'à peu près 4 l/m<sup>2</sup>/j (entre 1,25 l en hiver et 4,9 l en été), ce qui donne : 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/an.

La principale contrainte de la distillation solaire est la faiblesse des débits par rapport à la surface occupée. Il semble que l'on s'oriente en matière de distillation solaire dans deux directions :

- les utilisations extensives du type de l'association éolienne, distillation pratiquée en Australie pour la mise en valeur des terrains de parcours; une série de stations automatiques comprenant chacune une éolienne pour pomper l'eau et un distillateur solaire pour la dessaler, a été implantée; chacune des stations permet de subvenir aux besoins de 350 moutons (43);

- les utilisations intensives notamment appliquées à l'agriculture en milieu artificialisé (culture hydroponique en circuit fermé); dans ce type d'utilisations, la distillation est souvent à « effets multiples »; par exemple, l'eau distillée est recueillie pour la consommation humaine mais la saumure réchauffée permet par simple échange thermique de maintenir à 100 % le degré d'humidité d'une serre (44).

#### • L'épuration

L'épuration recouvre un ensemble de techniques qui s'appliquent dans différentes circonstances. Il peut s'agir de

l'épuration faite par l'usager avant l'usage de la ressource, ou après celui-ci. Le niveau d'épuration dépend de la qualité de l'eau à épurer et de la qualité demandée par les divers usages. Dès aujourd'hui, les possibilités techniques d'épurer n'importe quelle qualité d'eau existent. Mais ces techniques sont souvent onéreuses et le coût augmente plus que proportionnellement à la charge en matières à épurer. De plus, les coûts d'épuration augmentent considérablement lorsque les matières à retirer de l'eau sont d'origines et de natures diverses. Cependant, un moyen de diminuer les coûts d'épuration est de récupérer certaines matières premières ou de pratiquer une « épuration productive »; cette question sera reprise plus loin.

#### Usages pouvant se satisfaire de la qualité des ressources nouvellement considérées

Là encore, il y a essentiellement deux types de ressources à considérer : les eaux salées et les eaux dites « usées ».

#### • Utilisation directe des eaux salées en agriculture

Il est envisageable d'utiliser les eaux saumâtres (d'une salinité d'une dizaine de g/l). Celles-ci se trouvent soit en surface (étangs côtiers, chotts), soit dans le sous-sol (certaines nappes profondes sont salées).

La pratique de cette irrigation implique de grandes précautions :

- les cultures doivent être choisies parmi les végétaux tolérant bien le sel;

- les terrains doivent être bien drainants;

- les quantités d'eau déversées doivent être calculées de façon à assurer la surirrigation qui empêche les sels de se fixer dans le sol; dans les conditions méditerranéennes, les orages d'automne assurent parfois un lessivage suffisant;

- enfin, dans l'état actuel des connaissances techniques, il ne semble pas possible d'utiliser pour l'irrigation des eaux ayant une teneur en sel supérieure à 6 g/l. Une expérience d'irrigation avec eau saumâtre a été menée sur une échelle assez importante par le CRUESI en Tunisie (45). Cette expérience qui, il est vrai, bénéficiait de moyens d'informations et de contrôle assez considérables a eu des résultats positifs sur deux points principaux :

- par l'alternance des cultures et la surirrigation, il semble effectivement possible de limiter la salinité des sols;

- lorsque l'on utilise une eau de plus en plus salée, il n'y a pas de rupture brusque dans les courbes de rendement. Ceux-ci décroissent sans qu'il y ait apparition d'effets de seuil.

Dans la perspective de l'utilisation directe des eaux saumâtres pour l'irrigation, la sélection génétique des variétés tolérant bien la salinité constitue certainement une piste de recherche fondamentale.

(44) HOGGES (C. N.). — *Controlled Environment Agriculture for Coastal Desert Areas*. Tucson, Arizona University, 1967.

(45) DE FORGES (J. M.). — Recherches sur l'utilisation de l'eau salée en Tunisie. In *Nature et Ressources*, Vol. VI, n° 4, mars 1970.

● *Utilisation directe des eaux salées dans l'industrie*

Il est possible d'envisager l'usage de l'eau de mer pour certains usages industriels. Les problèmes rencontrés sont ceux de la corrosion des conduites qui peuvent être résolus par l'utilisation de matériaux particuliers. Le coût conséquent ne semble pas être prohibitif puisque 40 % de l'eau prélevée par les centrales thermiques de Grande-Bretagne provient de la mer (46).

L'eau de mer peut être utilisée pour des opérations de nettoyage, comme le nettoyage des rues par exemple.

● *Utilisation directe des eaux usées*

Celle-ci est élevée à la hauteur d'une institution en Chine Populaire. A cet égard, le mot d'ordre « rendre le nuisible utile », cité par K. W. KAPP (47) est significatif. La plupart des utilisations directes d'eaux usées constituent des actions intégrées que nous présenterons plus loin. Nous ne considérerons ici que l'utilisation de certaines eaux « usées » de l'industrie pour l'industrie.

Il est possible de distinguer différents types d'usages industriels se caractérisant par des niveaux d'exigences différents en matière de qualité de l'eau (48). Dès lors, il peut être envisagé de concevoir des chaînes d'usages successifs différents de la même eau n'impliquant aucun traitement intermédiaire. De fait des utilisations en cascade ont souvent lieu au sein des installations industrielles; par contre, les échanges entre usines sont rares, ou n'interviennent que par le biais des cours d'eau, ce qui disperse les matières utiles éventuellement contenues et dilue les substances nocives qui seront ensuite plus difficiles à éliminer.

De fait organiser la réutilisation des effluents industriels serait une chose complexe, et il faudrait être prêt à en payer le « prix institutionnel »; cela demande en effet une coordination poussée entre les divers usagers successifs; ceux qui sont situés en amont sur le circuit devraient s'engager à délivrer certaines quantités d'eau à certaines qualités; ceux qui sont situés en aval devraient s'engager à absorber ces qualités. De plus, il peut parfois être intéressant qu'une installation utilise l'eau de façon non optimale pour elle si le bénéfice qu'en retirent les utilisateurs d'aval est assez important. L'expérience française des contrats de branche organise par la concertation entre les usagers et l'étude des procédés de production, la diminution des rejets d'un type d'industrie; de façon analogue, la réutilisation devrait être fondée sur une étude approfondie des procédés de production vis-à-vis de l'eau (qualité souhaitable, difficulté d'utiliser une eau de qualité différente, qualité du rejet, facilité de changer cette qualité, etc.) et une concertation entre les usagers susceptibles de réutiliser ou de rejeter pour réutilisation.



**Possibilités de diminuer la demande spécifique de chaque usage**

● *Diminuer la demande pour l'irrigation*

Un certain nombre de possibilités se situent tout d'abord au niveau du type d'irrigation. Les techniques envisageables sont l'aspersion et le goutte à goutte.

Dans le cas de l'aspersion, l'eau est fournie à la demande et sous pression à l'utilisateur. Le gain en quantité est d'autant plus important que la structure du sol est grossière et la capacité d'absorption faible. Lorsqu'une nappe d'eau est proche de la surface du sol, l'aspersion permet un contrôle précis de la quantité d'eau déversée et limite la remontée de la nappe éventuellement accompagnée de la salinisation des sols. De plus, l'irrigation par aspersion ne nécessite pas des travaux aussi considérables de préparation des sols que l'irrigation de surface (49). Par contre, afin de répondre à la fluctuation de la demande sans que les canaux débordent, il faut construire des canaux spéciaux (à berge horizontale pour permettre la répartition automatique « pour l'aval ») ou bien mettre en place un système centralisé de gestion automatique fondé sur la télé-information (la « régulation dynamique » conçue par la Société du Canal de Provence). Globalement, l'application de cette technique permet de réduire la demande agricole de 40 à 50 % (par rapport à l'irrigation de surface), surtout par diminution de l'infiltration. Corrélativement, l'eau ainsi distribuée est plus chère, ce qui pose des problèmes soit

(46) RAMADE (F.). — *Éléments d'Écologie Appliquée*. Paris, Ediscience-Mac Graw Hill, 1974.

(47) KAPP (K. W.). — *Politique de l'Environnement en Chine. Autres essais*, Paris, Mouton, 1974.

(48) Par exemple, transports et lavages divers, refroidissement et chauffage, fabrication et lavage des produits alimentaires ou pharmaceutiques, sanitaires et laboratoires; voir *Recherche sur la gestion des ressources en eau: typologie des utilisateurs. Les secteurs industriels*, SPEPE-SCPGERSAR, juin 1973.

(49) PILLSBURY (A. F.). — *La Pratique de l'Irrigation par Aspersion*. FAO, Rome, 1968.

au niveau de l'utilisateur, soit au niveau d'un financement par l'État (50).

Le principe de l'irrigation au goutte à goutte est de concentrer au maximum les apports d'eau au pied de la plante (51). Comme pour l'aspersion la préparation préalable des sols est faible, et le contrôle des volumes utilisés est bon. Mais cette technique présente l'avantage de réduire presque totalement les pertes par évaporation hors de la zone utile et d'être relativement simple : il s'agit de tuyaux flexibles à basse pression distribuant l'eau dans la zone des racines. Si cette technique n'est pas applicable aux cultures par semis, elle est par contre très adaptée aux vergers, vignes, potagers, etc.

Des techniques complémentaires à l'irrigation ont pour but de réduire l'évaporation à partir du sol en mettant en place des barrières constituées soit de matériaux non poreux, soit d'une couche plus épaisse de matériaux poreux. Une autre technique visant le même but est celle du « labour minimum », consistant à planter directement sur les résidus de l'ancienne récolte.

De façon tout à fait expérimentale encore, on envisage également de diminuer la transpiration des plantes par vaporisation d'un antitranspirant sur leurs feuilles; le problème est alors de ne pas gêner le processus de photosynthèse (52).

● *Diminuer la demande pour les usages urbains et domestiques*

Trois litres par jour sont physiologiquement nécessaires à la vie d'un homme. Dans les cas les plus extrêmes, la consommation domestique va de 30 à 300 l/j. De plus dans le cas des grandes villes, il faut multiplier par 3 la demande domestique pour avoir la demande urbaine (vu l'importance des usages collectifs et municipaux). Le développement de la consommation ne correspond pas strictement au niveau de développement socio-économique d'une agglomération, ni au climat. Ainsi, on a :

**Prélèvements urbains de quelques villes**

Paris . . . . .	500 l/j/h
Amsterdam . . . . .	180 »
Marseille . . . . .	300 »
Athènes . . . . .	128 »
Barcelone . . . . .	260 »
Istanbul . . . . .	156 »
Madrid . . . . .	305 »
Milan . . . . .	530 »
Turin . . . . .	360 »

On peut distinguer 3 sortes de moyens de réduire la demande urbaine : le recyclage des effluents, l'utilisation d'appareils domestiques conçus pour économiser l'eau, l'implantation d'habitudes d'économies de l'eau.

L'exemple le plus célèbre de recyclage est celui de la ville de Chanute (Kansas) qui a été obligée en 56-57 d'utiliser ses propres effluents traités par une station d'épuration en raison de la sécheresse. Aucun effet secondaire n'a été enregistré,

à part la vente record d'eau en bouteille. Cependant les garanties sanitaires de tels procédés ne sont pas absolues (53).

Il existe également des techniques décentralisées de recyclage au niveau de chaque habitation. La NASA a essayé de chiffrer le coût de l'application de techniques inspirées de celles utilisées dans l'espace. On pourrait passer d'un prélèvement de 1 000 l/j pour une famille de 4 personnes à un prélèvement de 570 l/j pour 87 \$/an et à 130 l/j pour 414 \$/an (54).

Il existe des appareils domestiques permettant de réduire le prélèvement d'eau grâce à une meilleure utilisation de celle-ci. Des estimations de l'économie possible sur les prélèvements la situe à 30 % (55). On sait que certains usages de l'eau peuvent même être supprimés, soit par l'emploi de W.C., dits chimiques, soit par l'emploi de W.C. transformant en compost les déchets humains, par exemple le « Clivus » (56).

Enfin, la façon la moins coûteuse, sinon la plus facile, d'économiser l'eau est de changer les habitudes de consommation; douche au lieu de baignoire, lavage de voiture au seau et non au jet, etc. D'ailleurs, dans le cas des pays en voie de développement, il s'agit plus d'implanter de bonnes habitudes (du point de vue de l'économie de l'eau) que de corriger de « mauvaises ».

● *Diminuer la demande pour les besoins industriels*

Globalement, nous l'avons dit, le recyclage industriel consiste à élever le ratio consommation/prélèvement sans toucher à la consommation. Les possibilités de diminuer la consommation est ici bien moins grande puisque les quantités consommées sont toujours faibles par rapport aux prélèvements. Cependant, il y a une certaine marge d'action. Pour le refroidissement, par exemple, il s'agit de l'emploi de tours de refroidissement sèches, sortes de gigantesques radiateurs d'automobiles où l'eau est utilisée en circuit fermé et uniquement comme vecteur temporaire de la chaleur. Au contraire, les tours de refroidissement humides, dont le principe est fondé sur la grande chaleur spécifique de vaporisation de l'eau, augmentent la consommation.

D'autre part certains usages peuvent être remplis par d'autres produits que l'eau : ainsi, pour laver la laine, on utilise soit de l'eau et un détergent, soit un solvant chimique.

(50) Voir par exemple : MENESSION (B.). — L'irrigation dans le monde islamique. In *Options Méditerranéennes*, n° 14, août 1972 et BERGMANN (H.). — L'influence de la consommation d'eau sur la rentabilité des projets d'irrigation. In *Options Méditerranéennes*, n° 16, décembre 1972.

(51) BOOHER (L. J.). — *L'irrigation de surface*. FAO, Rome, 1974.

(52) *More Water for Arid Lands*, op. cit.

(53) Experts de l'OMS, *Utilisation des effluents: méthodes de traitement des eaux usées et mesures de protection sanitaire*. Rapport technique, n° 517, OMS, Genève, 1973.

(54) NASA. Revue des applications des procédés de recyclage pour l'espace. In *Astronautics and Aeronautics*, mars 1972.

(55) *Future water demands—The impact of technological change, public policies changing market conditions on the water use patterns of selected sectors of the U.S. economy*, Resources for the Future, Washington D.C., 1971.

(56) Voir note 53.

## Exemples d'actions intégrées

Ces exemples d'actions intégrées, particulièrement intéressantes, peuvent être regroupés autour de trois grands types que nous considérerons successivement : la réutilisation des rejets organiques, les opérations d'épuration productive, l'utilisation du rejet thermique.

### La réutilisation des rejets organiques

Il peut s'agir d'effluents produits par l'agriculture, l'élevage, la ville ou le village, les industries alimentaires. Ces effluents ont pour point commun de contenir de grandes quantités de produits organiques utiles pour les plantes, et peuvent donc être utilisés en l'état pour l'irrigation. Selon les cas, cet aspect de l'utilisation de ressources nouvellement prises en compte se conjugue à l'aspect « changement de la qualité des ressources » ou « organisation des circuits de l'eau ».

Nous envisagerons ensuite le cas de l'utilisation industrielle des effluents urbains ayant subi une modification de qualité qui ne les porte cependant pas au niveau de qualité des eaux généralement utilisées, c'est-à-dire une épuration partielle.

#### ● La réutilisation des rejets agricoles

L'irrigation ne fournit pas à proprement parlé de rejets. Par contre, l'élevage est une importante source de rejets, qui constituent une grave pollution lorsqu'ils sont versés dans les cours d'eau (57). Au contraire, leurs richesses en éléments organiques profitables aux végétaux justifie leur utilisation. De nombreuses expériences ont été menées aux États-Unis. Par exemple, le lagunage anaérobie des boues de porcherie permet de :

— récupérer sous forme solide une grande partie des contenus et de les réutiliser comme fertilisants,

— de réutiliser pour l'irrigation les eaux issues du lagunage qui sont encore fortement chargées en matières organiques, ce qui enrichit le sol,

— de récupérer par drainage une eau épurée (58).

Le mode d'irrigation choisi pour l'eau issue du lagunage était l'aspersion, et aucun problème de corrosion des conduites ou d'obstruction des asperseurs n'est apparu. Le but principal de l'expérience était d'épurer l'eau et non de fertiliser le sol. Les résultats les plus satisfaisants ont été obtenus avec de très fréquentes aspersiones légères. L'épuration finale de l'eau reflète la fertilisation du sol; on remarquera aussi que cette solution permet l'épuration des nitrates et phosphates, très difficile à réaliser par les procédés classiques.

Dans ce cas, la capacité d'absorption des eaux usées est bien plus faible que pour les champs d'épandage à but unique,

mais une irrigation bien conduite permet de ne pas altérer la structure du sol et son pouvoir auto-épurateur. De plus, ces effluents constituent un apport de fertilisants non négligeables : 50 à 60 kg d'azote et de grandes quantités de potasse sont contenus par 1 000 m<sup>3</sup>.

	DCO	N	Cl	PO <sub>4</sub>
	(mg/l)			
Eau d'irrigation	500	315	110	225
Eau de drainage	8	54	76	1

Cette expérience s'appuyait sur une technologie assez avancée (aspersion), mais on pourrait certainement imaginer des techniques plus simples et moins coûteuses. Par contre, il est probable que le lagunage constitue une occupation de l'espace qui n'est pas négligeable. De plus la perte par évaporation, lors du lagunage n'est peut-être pas négligeable sous un climat méditerranéen.

#### ● La réutilisation des rejets urbains et villageois

La réutilisation dans l'agriculture a pour elle une expérience millénaire sur tous les continents, mais surtout en Extrême-Orient. Cependant des problèmes de transmission de maladies qu'elle soulève provoque des réticences (59). De plus, on trouve aujourd'hui dans les rejets urbains des éléments qui peuvent être nuisibles aux plantes ou aux consommateurs : le bore, par exemple, présent dans la plupart des lessives, est nuisible aux agrumes. De tels problèmes devraient être résolus par une réglementation des produits rejetés, ainsi que cela a été fait pour les détergents non-biodégradables (60)

Une des premières façons de se débarrasser des eaux a été de les répandre sur des champs choisis pour leur structure adéquate. Les pouvoirs auto-épurateurs du sol et du soleil rendaient ce procédé sûr et économique. Mais ces champs d'épandage voyaient rapidement leur capacité d'absorption diminuer et n'étaient pas cultivables, ce qui constituait une perte d'espace agricole. Ils ont été abandonnés au début du xx<sup>e</sup> siècle pour Paris. Des Soviétiques ont perfectionné cette technique en irriguant avec des effluents urbains grossièrement filtrés des champs destinés à la production agricole (61).

Autour de Kiev, la plus grande installation de ce type est constituée de 20 000 ha traitant 44 000 m<sup>3</sup>/j, soit les effluents d'environ 150 à 200 000 habitants. Le problème essentiel auquel se heurtent les soviétiques est celui de la régularité du débit des effluents face à l'irrégularité des besoins agricoles. Les eaux perdraient au cours du stockage leur pouvoir fertilisant. Cependant dans le cas où on ne fait actuellement rien des effluents, le bénéfice d'une telle opération n'est pas douteux. Il est curieux que les Soviétiques ne signalent aucun problème d'ordre sanitaire. Dans d'autres pays, en effet, des normes très sévères sont imposées pour la réutilisation des effluents urbains pour l'irrigation (All. Fédérale, Israël, Californie) (62),

L'utilisation pour l'agriculture ne pose

(57) Il faut 50 à 200 l/tête/jour pour l'élevage du grand bétail; voir *Manuel pour l'établissement des bilans des ressources et des besoins en eau*, op cit.

(58) VANDERHORN (D. H.) et BEER (C. E.). — *Use of soil to treat anaerobic lagoon effluents*. Transactions of the ASAE, vol. 13, n° 5, 1970.

(59) BRISOU (J.). — Mesures à prendre en vue d'assurer la salubrité du littoral méditerranéen *Cahiers de Santé Publique*, n° 62, OMS, Genève, 1975.

(60) RAMADE (F.). — Op. cit.

(61) KANARDOV (I.) et LIVOVITCH (A.). — Normes d'irrigation dans les champs d'épandage cultivés. In *Rapport de Mission à Moscou sur l'utilisation des eaux résiduaires pour l'irrigation en agriculture*, Ministère des Affaires Étrangères, Ministère de l'Agriculture, SPEPE, Paris, 1972.

(62) *La réutilisation des effluents...*, op. cit

pas ce problème de l'irrégularité des besoins, et permet de consommer des quantités beaucoup plus faibles. Par contre, elle demande une bonne pureté bactériologique et l'adjonction d'eau riche en oxygène (63). La réutilisation des effluents urbains peut aussi se faire, après un traitement plus ou moins important dans l'industrie.

La régularité du débit des effluents urbains est un grand avantage pour les usagers industriels. Les premières réutilisations de ce type datent des années 70 aux USA. Les problèmes rencontrés ont été surtout ceux de la prolifération des microorganismes bouchant les conduites et ceux du moussage. Des traitements appropriés et l'interdiction des détergents non biodégradables ont permis de les surmonter.

A Colorado-Springs (USA), 2,7 Mm<sup>3</sup> sont actuellement réutilisés dans l'industrie (et 12,3 Mm<sup>3</sup> dans l'agriculture) après un traitement tertiaire (64). A Johannesburg (Af. Sud), la centrale thermique d'Orlando utilise 13,6 Mm<sup>3</sup>/an d'eau d'égout épurée (65).

A Amarillo (USA), l'eau d'égout traitée est utilisée depuis 1955 pour le refroidissement. La quantité ainsi réutilisée était de 16,5 millions de m<sup>3</sup> en 1971 (66).

Le procédé perd évidemment de son intérêt au fur et à mesure que les traitements demandés sont plus complets. Des études ont été faites sur les utilisations potentielles des effluents urbains suivant les traitements effectués (67) (voir tableau). De telles correspondances sont en fait très difficile à établir, car les industriels n'ont le plus souvent qu'une idée approximative de la qualité de l'eau qui leur est réellement nécessaire.

Enfin, un cas particulièrement intéressant intégrant de nombreux axes d'action est celui du « Dan Region Sewage Reclamation Project » de la région de Tel Aviv en Israël (68). Jusqu'en 1970, les effluents des 750 000 habitants de la région étaient rejetés sans traitement dans la mer. Des études ont montré que le traitement en vue de la réutilisation de ces eaux ne reviendrait pas plus cher que la construction d'un émissaire perpendiculaire à la côte, assez long et assez profond pour ne pas nuire au milieu littoral. De plus, l'eau ainsi obtenue était moins chère que celle obtenue par tous les autres projets d'augmentation des ressources en Israël.

#### Efficacité du traitement en bassins de décantation :

	Qualité avant traitement	Qualité après traitement
DBO <sub>5</sub> . . .	350 mg/l	30 mg/l
DCO . . .	800 mg/l	220 mg/l
MES . . .	280 mg/l	80 mg/l
Phosphore .	11 mg/l	5 mg/l

L'originalité du système réside dans :

— le traitement par long séjour en bassin de stabilisation avec adjonction de divers flocculants;

— le mode d'approvisionnement des usagers qui permet la purification finale : grâce à la configuration géologique adéquate du sous-sol, l'eau traitée est répandue entre les dunes et s'infiltré dans le sable, recharge l'aquifère locale s'étendant sous toute la région et est prélevée au moyen de puits classiques. La répartition de l'eau est donc assurée par des moyens naturels et gratuits.

En résumé, le procédé permet de purifier les effluents urbains en les rendant aptes à tous les usages, de préserver le milieu marin, de constituer un stock échappant à l'évaporation et de s'en remettre à des mécanismes naturels pour la plus grande part du transport de l'eau.

#### Les opérations d'épuration productive

Dans le cas de la réutilisation en l'état, l'épuration de l'eau n'intervenait que comme un sous-produit aléatoire (dans le cas d'infiltration et de recharge de la nappe pour l'irrigation par exemple). Au contraire, dans le cas de l'épuration telle qu'elle est pratiquée de façon classique, on élimine les matières contenues sans pouvoir les récupérer, le seul but étant l'épuration de l'eau. Les techniques que nous qualifions d'épuration productive permettent de récupérer les éléments contenus tout en purifiant l'eau sans la consommer.

La production d'algues unicellulaires à partir d'un mélange d'eaux d'égout et d'eau de mer déversé de façon continue dans des unités de culture de 2 m<sup>3</sup> environ situées en plein air a fourni des biomasses de l'ordre de 20 à 23 g de matière sèche par m<sup>2</sup> en Floride. Cette production de matière organique soutient la comparaison avec les cultures les plus rentables connues comme la canne à sucre ou le riz et présente l'avantage de purifier au moins partiellement l'eau par absorption de sels nutritifs (nitrates, phosphates) (69). La culture d'algues constitue à notre connaissance la seule façon de récupérer les nutriments sans consommer l'eau.

Les solutions d'épuration-récupération ont un vaste champ d'application dans le domaine des effluents industriels. KAPP (70) rapporte qu'en Chine durant la Révolution Culturelle, 200 000 t de boues ont été retirées du fleuve Huang Pu à Shanghai, dont les 3/4 ont été utilisées dans l'agriculture et 1/4 recyclé dans des industries locales. Un cas très intéressant est celui des « boues rouges » : déchets de la fabrication du bioxyde de titane, elles sont rejetées dans la Méditerranée, et contribuent par leur acidité à la transformation du mercure en méthyl-mercure hautement nocif pour les hommes quand il est concentré par les chaînes alimentaires marines (71). Or, il existe un procédé permettant de récupérer l'acide sulfurique qu'elles contiennent à un coût qui n'est pas supérieur à celui de sa production (72).

(63) MEINCK (F.). — *Les eaux résiduaires industrielles*, Paris, Masson, 1970.

(64) PHILLIPS (J. D.). — City boasts two systems. In *Water and Wastes Engineering*, décembre 1972.

(65) OSBORN (D. W.). — Factors affecting the use of purified sewage effluents for cooling purposes. In *Journal of Water Pollution Control Federation*, n° 4, 1970.

(66) SCHERER (C. H.). — Reclamation and Industrial Reuse of Amarillo's Wastewaters. In *Journal of American Water Works Association*, n° 3, 1971.

(67) PETRASEK Jr (A.) et ESMOND (S.). — Industrial uses of municipal wastewater. In *Industrial Waste Engineering Journal*, 7-8-1973.

(68) KREMER (M.). — Dan Region Sewage Reclamation Project. In *Water Research*, 1972.

(69) *La Recherche*, n° 57, juin 1975, p. 558.

(70) KAPP (K. W.). — Op. cit.

(71) Ce n'est pas le mercure, mais le méthyl-mercure qui est toxique et la transformation de celui-ci en celui-là est favorisée par l'acidité du milieu.

(72) MARMAN (C.), GRUMIER (F.). — *L'Usine Nouvelle*, 21-5-74.

**Utilisation potentielle des effluents urbains suivant leur degré d'épuration**

Qualité avant traitement		Traitement	Qualité après traitement		Usages potentiels après traitement
DBO	DCO		DBO	DCO	
250	600	décantation simple	150	330	
150	330	boues activées	8	51	scieries raffinerie (refroidissement) métallurgie (trempe, laminage à chaud, nettoyage des gaz) cimenteries papeteries (pulpation mécanique si peu de Fe et de Mn)
8	51	boues activées filtration	2	33	métallurgie (trempe laminage à chaud et à froid, rinçage) papeterie (pulpation mécanique) tannage des cuirs
2	33	traitement chimique charbon actif	2	25	nombre considérable d'usages potentiels normes de l'eau de boisson

**L'utilisation du rejet thermique**

Celui-ci ne contribue pas à la réduction des quantités consommées, mais au maintien d'une certaine qualité des eaux de surface et à la protection du milieu. De plus, il constitue une rationalisation plus globale du système productif en contribuant à la réduction du gaspillage d'énergie. On sait que seule une faible partie de l'énergie consommée par les centrales thermiques est convertie en électricité (45 % pour les centrales à combustibles fossiles, 33 % pour les centrales nucléaires), le reste est essentiellement dissipé sous forme de rejet thermique. L'eau est toujours un intermédiaire qui échange finalement sa chaleur à l'atmosphère.

L'échangeur est généralement constitué par un cours d'eau, un lac, la mer ou des tours de refroidissement humides ou sèches. Dans tous ces cas, l'énergie ainsi dissipée est perdue et contribue même à la dégradation de l'environnement. La dissipation de la chaleur pourrait, au contraire, se faire en des lieux où on consomme de l'énergie pour le chauffage, comme les serres ou les appartements.

Il peut être intéressant de baisser le rendement électrique des centrales pour avoir un rejet thermique de meilleure qualité. Le chauffage de serres ou le chauffage urbain peuvent s'accommoder de températures de l'ordre de 80° ne diminuant que de 5 à 12 % suivant les estimations, la production d'électricité; dans ce cas, on diminue très fortement le prélèvement des centrales pour la réalisation d'un circuit fermé (73).

**QUELQUES IMPLICATIONS POUR LA CONCEPTION DE LA GESTION DE L'EAU ET DE SON ARTICULATION AVEC LA PLANIFICATION DU DEVELOPPEMENT**

Après avoir souligné la nécessité d'envisager les problèmes de l'eau dans une perspective à long terme afin de permettre la réalisation d'un développement équilibré dans sa composition interne (place respective du secteur agricole et du secteur industriel) et dans sa répartition spatiale, et d'accroître dans les meilleures conditions le niveau de disponibilité global des ressources en eau, nous avons indiqué l'existence d'un ensemble de solutions techniques particulièrement pertinentes pour une nouvelle approche de l'eau. Il est certain que les recherches techniques en matière d'eau doivent s'engager prioritairement dans ce type de voies.

Cependant, la mise en œuvre de telles solutions techniques, propres à assurer une utilisation plus efficace des ressources en eau, suppose qu'une nouvelle attitude soit adoptée vis-à-vis de l'eau, que de nouvelles préoccupations soient prises en considération pour sa mise en valeur, et finalement que la gestion de l'eau soit articulée d'une nouvelle manière avec l'ensemble des décisions relatives au développement.

**Une nouvelle attitude**

Il convient tout d'abord de se défaire de l'attitude que traduit l'usage de certains

(73) Pour plus de détails sur la réutilisation du rejet thermique, voir le dossier technique établi au CIRED sur ce sujet et :

- *Le refroidissement des centrales nucléaires*, Le Monde, 26-6-74.
- VANDEN HORST (J. M. A.). — *Waste Heat use in Greenhouses*. In *Journal of Water Poll. Control Federation*, n° 3, 1972, p. 494-496.
- *Alternatives au nucléaires*. IEJE, Presses Universitaires de Grenoble, février 1975, p. 92.
- GRJEBINE (T.). — *Récupérer l'eau chaude des centrales nucléaires*. Le Monde, 23-4-75.
- *Beneficial uses of Waste Heat from electric power plant*, by SOMERS LUSBT and CRICK, *Engineering Bill. of Purdue University*, may 71, p. 975.

termes pour traiter des problèmes de l'eau. Nous avons déjà remarqué, par exemple, qu'il est physiquement inexact de parler de « consommation » d'eau. Cependant tout se passe, aujourd'hui, le plus souvent comme si une eau utilisée n'était plus utilisable, et donc « consommée ». Les perspectives technologiques que nous avons dégagées montrent au contraire qu'une eau utilisée peut être encore largement utile, la satisfaction d'un usage donné créant souvent un autre usage potentiel.

De même l'appréciation unidimensionnelle de la qualité de l'eau est aujourd'hui largement répandue; une eau est dite de plus ou moins bonne qualité dans l'absolu. Au contraire, la mise à profit des marges de liberté que nous avons évoquées montre bien que la qualité d'une eau n'est appréciable qu'en fonction de l'usage qu'on lui destine. Certes, le champ des usages possibles de l'eau pure est le plus large, si bien que le passage par l'eau pure donne au système d'approvisionnement en eau une très grande souplesse; mais c'est payer celle-ci d'un énorme gaspillage qualitatif et mener l'ensemble de l'approvisionnement à une impasse que suggèrent les estimations pour l'an 2000 dans le bassin méditerranéen présentées plus haut.

Ainsi, la notion d'offre d'eau devient-elle relative aux différentes qualités de celle-ci et aux exigences qualitatives et quantitatives de la demande, c'est-à-dire des divers usages à satisfaire, ainsi qu'aux modifications de qualité qu'ils occasionnent. Au souci principal d'accroître les quantités disponibles doivent s'ajouter d'autres préoccupations.

### **La prise en considération de préoccupations additionnelles**

Du point de vue de la gestion de l'eau, les différents secteurs d'utilisation ne renvoient pas aux mêmes problèmes. Pour l'agriculture, le problème principal est celui de l'énorme quantité d'eau consommée. Dès lors, les axes les plus pertinents sont ceux qui concernent l'augmentation des quantités mobilisables (par régulation des flux, exploitation de nouveaux stocks, ou sélection de variétés tolérant des qualités d'eau non actuellement exploitées) et la diminution des quantités nécessaires (lutte contre les pertes à tous les niveaux, diminution de la consommation).

Au contraire, pour l'industrie, les problèmes principaux ne sont pas ceux de la consommation, mais ceux du prélèvement d'une part et de la qualité des eaux rejetées d'autre part. C'est pourquoi le recyclage a un tel intérêt, puisqu'il augmente le degré de compatibilité entre plusieurs usages utilisant un même flux en un espace restreint.

Pour les usages urbains et domestiques, le problème principal est celui du gaspillage qualitatif, l'ensemble de la demande étant quasiment satisfaite avec de l'eau de boisson. L'action sur la demande urbaine et domestique doit donc passer en priorité par l'éclatement de la demande.

Au delà des priorités qui se dégagent dans la manière d'aborder le problème de

l'eau dans ces trois secteurs, trois préoccupations devraient s'imposer en toile de fond de tout traitement de problème d'eau :

- rechercher l'utilisation intégrale des ressources mobilisées, dans ses divers états qualitatifs; à des cycles courts où, après un usage, l'eau est dispersée comme impropre à toute utilisation, devraient se substituer des cycles longs, ne dispersant une eau, alors consommée, qu'après une longue série d'usages;
- rechercher l'adaptation de la demande à l'offre autant que de l'offre à la demande, alors que traditionnellement la demande est considérée comme une donnée;
- rechercher la compatibilisation maximum des divers usages de l'eau, en mettant à profit toutes les complémentarités possibles.

De manière idéale, ces préoccupations devraient se traduire par la conception de chaînes intégrées d'utilisation de l'eau où les rejets de chacun constitueraient les ressources du suivant. En utilisant de manière productive les éléments véhiculés par l'eau à tous les stades, de telles chaînes contribueraient efficacement à l'effort de ménagement des ressources naturelles et de protection de la qualité du milieu.

Cependant, une telle organisation tendrait à faire du système constitué par l'ensemble des activités intégrées autour de l'eau un système très fragile et très rigide. La rupture temporaire d'un maillon de la chaîne pourrait être à l'origine du blocage de l'ensemble du système; d'autre part, un changement d'activités ou de processus technologiques obligerait à revoir tout le système. Cette situation limite n'est évidemment pas envisageable. La conception des circuits d'utilisation de l'eau doit donc être faite autour d'un arbitrage entre l'efficacité de l'utilisation des ressources en eau et la fiabilité et l'adaptabilité du système. De manière générale, la conception d'un tel système dépend étroitement du niveau d'intégration entre les acteurs sociaux responsables des diverses activités et du degré de dépendance volontaire qu'ils sont prêts à accepter.

Il est clair que la mise en œuvre d'une telle approche de la gestion de l'eau dépend étroitement de l'articulation entre celle-ci et l'ensemble des décisions relatives à la planification du développement.

### **Une nouvelle articulation de la gestion de l'eau et de la planification du développement**

Dans le mode traditionnel de gestion de l'eau, le champ des options est étroitement délimité par les contraintes issues des choix qui ont été faits à tous les autres niveaux de la stratégie de développement économique et social et en matière d'aménagement du territoire. Il ne s'agit plus que du choix de la technique qui permettra de satisfaire au moindre coût financier un certain approvisionnement exprimé globalement en termes quantitatifs. Ainsi le champ de décision en matière de gestion

de l'eau apparaît comme résiduel. Dès lors de nombreuses potentialités ne peuvent être exploitées et cette place résiduelle se traduit en fait par une sous-optimalité de la gestion de l'eau.

La concrétisation des axes que nous avons définis plus haut a nécessairement des implications sur les autres niveaux décisionnels, si bien que les décisions prises à ces niveaux doivent, pour assurer une rationalité globale, intégrer les exigences de la politique de l'eau.

Il est clair, par exemple, que beaucoup peut être attendu d'une profonde modification des technologies utilisées dans tous les domaines d'activités. La plupart des techniques employées actuellement sont encore peu économes en eau malgré les progrès considérables qui ont été faits par quelques activités comme la sidérurgie qui indiquent l'ampleur des possibilités. Cela suppose que la recherche technologique prenne en compte la dimension « eau » pour définir ses orientations (74).

Au delà des choix technologiques, la gestion de l'eau peut avoir des implications sur la composition du produit social, et sur le style de consommation, et par là sur la structure des échanges extérieurs. Ce peut être le cas par exemple, dans le secteur agricole avec la sélection de plantes tolérant le sel pour rendre possible l'irrigation avec des eaux saumâtres ou, de plantes ne nécessitant qu'un apport en eau au cours de la période végétative pour permettre l'utilisation des eaux de ruissellement. Des exemples analogues pourraient être donnés en matière de produits industriels. En ce qui concerne les usages domestiques, les choix des systèmes de distribution et d'évacuation des eaux, notamment pour les villes, peut rendre nécessaire de profondes modifications du style de vie des ménages. A chaque système de distribution (réseau unique avec arrivée dans chaque logis, double ou triple réseau, alimentation par bornes fontaines, etc.) correspond un style de consommation marquant profondément les habitudes de vie.

La gestion de l'eau ne peut pas non plus être envisagée séparément de la gestion des autres ressources naturelles et de la qualité du milieu. La question centrale à cet égard est celle de l'alternative entre l'utilisation des circuits naturels du cycle de l'eau et la création de circuits artificiels isolés pour les usages humains. L'utilisation des circuits naturels (cours d'eau, nappes phréatiques...) permet de profiter des capacités d'auto-épuration du milieu. La création de circuits artificiels isolés, si elle est plus directement coûteuse sur le plan financier, permet par contre de préserver les fonctions de milieu de vie qui sont celles des circuits naturels. Par ailleurs, la récupération des matières dissoutes ou en suspension dans les eaux permet à la fois d'assurer une certaine épuration de l'eau et de diminuer globalement la pression qui s'exerce sur les ressources naturelles, et en particulier les ressources non renouvelables. Enfin, il n'est pas nécessaire d'insister sur les interactions entre les ressources en eau et les ressources en sol (75). Dans les régions méditerranéennes où la plupart des sols sont très

fragiles et sujets à une forte érosion, la préservation et la mise en valeur des sols implique le contrôle et la régulation adéquats des eaux de surface. Le cas des barrages est significatif des interactions complexes existant entre la gestion de l'eau et la gestion des sols : la construction des barrages entraîne le noyage des terres de fonds de vallée souvent fertiles; par contre, les risques de comblement des ouvrages hydrauliques par les alluvions rend indispensable la protection et la consolidation des sols du bassin versant correspondant.

Enfin, la gestion de l'eau ne peut que marquer assez profondément les processus de localisation et la répartition spatiale des activités. Au niveau de l'ensemble national, la volonté d'utiliser des ressources aujourd'hui non exploitées (en raison de leur distance par rapport aux grands centres d'activité ou de leur dispersion) devrait entraîner la création de nouvelles activités dans des régions considérées jusqu'alors comme non ou peu valorisables : cultures en terrasses dans les régions montagneuses, utilisation des eaux de ruissellement en zone semi-aride.

A l'intérieur même des ensembles régionaux ou sous-régionaux, la conception de chaînes intégrées d'utilisation de l'eau doit se traduire par une modification de l'organisation spatiale des activités correspondant aux multiples formes d'association entre utilisateurs industriels, agricoles et domestiques. Une retombée importante de cette nouvelle approche de l'eau pourrait ainsi être une diversification accrue des activités à l'intérieur de l'espace régional.

La volonté de rationaliser l'utilisation des ressources en eau doit ainsi avoir des répercussions sensibles sur l'ensemble des décisions relatives à l'orientation du développement économique et social. Cependant, il ne saurait bien évidemment être question que l'ensemble de ces décisions soient prises uniquement en fonction des exigences d'une utilisation rationnelle de l'eau. La recherche de solutions originales et ingénieuses permettant de dépasser des conflits entre des exigences contradictoires et de les harmoniser apparaît comme une condition de l'établissement d'un style de développement viable sur le long terme assurant une gestion authentique du patrimoine de ressources naturelles, et en particulier des ressources en eau.

(74) On vérifie ainsi dans le domaine de l'eau le point qui a été développé de manière plus générale à propos de l'environnement et de la recherche scientifique et technique : si l'environnement constitue un secteur de recherche, il doit surtout être vu comme une dimension de toute activité de recherche, intégrée au moment de la formulation des critères et des objectifs présidant à l'orientation des travaux, et ceci, dans les domaines les plus divers et les plus éloignés apparemment des problèmes d'environnement; voir GOGARD (O.), LAGADEC (P.), PASSARIS (S.) et SACHS (I.). — Environnement et politique scientifique. In *Le Progrès Scientifique*, Paris, DGRST, juillet 1975.

(75) L'ouvrage de PEREIRA (H. C.) est exemplaire sur ce plan; *Land Use and Water Resources*, op. cit.