plan bleu

JEAN MARGAT

L'EAU

DANS LE BASSIN MEDITERRANEEN



SITUATION ET PROSPECTIVE

Les Fascicules du Plan Bleu

6

ECONOMICA

L'EAU

DANS LE BASSIN MEDITERRANEEN

Les fascicules du Plan Bleu

sous la direction de Michel Batisse

1. *Pêche et aquaculture en Méditerranée* : état actuel et perspectives (Daniel Charbonnier *et al.*).
2. *Les forêts méditerranéennes* : enjeux et perspectives (Henri Marchand *et al.*).
3. *Conservation des écosystèmes méditerranéens* : enjeux et perspectives (François Ramade *et al.*).
4. *Industrie et environnement en Méditerranée* : évolution et perspectives (Jacques Giri *et al.*).
5. *Les îles en Méditerranée* : enjeux et perspectives (Louis Brigand *et al.*).
6. *L'eau dans le bassin méditerranéen* : situation et prospective (Jean Margat *et al.*).
7. *Energie et environnement en Méditerranée: enjeux et prospective* (Michel Grenon *et al.*)

Programme des Nations Unies pour l'environnement

PLAN D'ACTION POUR LA MÉDITERRANÉE

Les Fascicules du Plan Bleu
6

L'EAU

DANS LE BASSIN MEDITERRANEEN

SITUATION ET PROSPECTIVE

par
Jean MARGAT

Préface
Michel BATISSE

ECONOMICA
49, rue Héricart, Paris

Centre d'Activités Régionales
du Plan Bleu pour la Méditerranée
Sophia Antipolis - France

Ce fascicule est publié sous l'égide du Programme des Nations Unies pour l'environnement dans le cadre du Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM). Ce plan, adopté en 1975, est mis en œuvre de façon collective par l'ensemble des pays riverains de la Méditerranée et la Communauté économique européenne, qui en assurent la supervision et la majeure partie du financement. Le PAM comporte plusieurs éléments et notamment un travail d'analyse prospective sur l'évolution des rapports entre population, ressources, environnement et développement dans l'ensemble du bassin méditerranéen, appelé le Plan Bleu. Le rapport principal sur les scénarios élaborés pour cette analyse a été publié en 1989 sous forme d'un ouvrage intitulé :

Le Plan Bleu : Avenirs du bassin méditerranéen
sous la direction de Michel Grenon et Michel Batisse,
xviii + 442 pp., 69 figures, 59 tableaux
Economica, 49, rue Héricart, 75015 Paris.

Le rapport principal est également publié en anglais :

Futures for the Mediterranean Basin : The Blue Plan
Edited by Michel Grenon & Michel Batisse
xviii + 280 pp., 69 figures; 68 tables.
Oxford University Press, Oxford OX26DP

Il a été aussi publié en arabe par les soins de Edifra, 22, bd Poissonnière, 75009 Paris, et en espagnol par les soins du Ministère des Travaux Publics et des Transports, Madrid.

*
* *

En complément de ce rapport, un certain nombre de "fascicules" thématiques portant sur les grands secteurs de l'économie et sur les principaux milieux géographiques de la région méditerranéenne sont préparés et seront publiés de façon échelonnée dans la série des "**Fascicules du Plan Bleu**".

Les travaux relatifs au Plan Bleu sont réalisés par le Centre d'Activités Régionales du Plan Bleu pour la Méditerranée (CAR/PB), association de droit français dont l'objet est d'apporter un appui scientifique et logistique à ce programme. Le fonctionnement du CAR/PB est assuré principalement grâce à l'appui financier du Ministère français de l'Environnement.

L'Unité de Coordination du PAM est installée à Athènes, Vassileos Konstantinou 48, GR 11610, Athènes, Grèce.

Le CAR/PB est installé Place Sophie-Laffitte, à Sophia-Antipolis, 06560 Valbonne, France.

© PNUE – CAR/PB 1992
Diffusion Economica, 1992

Table des matières

Préface xii

Chapitre I. L'eau dans la nature méditerranéenne
1. Caractères communs 1
2. Différences et contrastes 8
3. Comptes des eaux méditerranéennes 12
4. Nature et ressource 16
5. Eau et environnement 19

Chapitre II. Ressources en eau et utilisations contemporaines
1. Ressources en eau 23
2. Utilisations d'eau 30
3. Comparaisons globales entre les ressources et les utilisations . 36
4. Impacts sur les qualités des eaux 39

Chapitre III. Les bases d'une prospective et le poids de la démographie
1. Inventaire des interactions 44
2. Structure des demandes et des offres et systèmes d'utilisation d'eau 46
3. Facteurs déterminants des demandes 47
4. Spécificités méditerranéennes de l'économie de l'eau 50
5. Les scénarios du Plan Bleu et l'eau 52
6. Le facteur population 55

Chapitre IV. Prospectives des demandes sectorielles
1. Demandes des collectivités 62
2. Demandes de l'agriculture 78
3. Demandes des industries 91
4. Demandes du secteur énergétique 98
5. Demandes du tourisme 107
6. Transferts et exportations d'eau 114
7. Récapitulation 116

Chapitre V. Prospective des interactions entre l'eau et ses utilisations

1. Interactions quantitatives 125
2. Interactions qualitatives 130

Chapitre VI. Prospective des ressources en eau et progrès techniques

1. La connaissance et l'évaluation des ressources 138
2. Prospective des ressources rapportées aux populations 142
3. Rétroactions des utilisations sur les ressources 144
4. Changements du cycle de l'eau 146
5. Inventaire des sujets à progrès technique 149
6. Des innovations techniques aux applications effectives 159

Chapitre VII. Conclusions et orientations pour l'action

1. Des conclusions contrastées 163
2. Une meilleure gestion de l'eau 167
3. Une politique méditerranéenne de l'eau 172

Annexes

1. Déclaration des ministres chargés de l'eau dans les pays méditerranéens 175
2. Glossaire des termes employés 181
3. Références principales 185
4. Quelques adresses utiles 189
5. Les scénarios du Plan Bleu 195

Liste des figures

Figure 1. L'espace méditerranéen : bassin et régions 2
Figure 2. Réseau hydrographique et bassins fluviaux méditerranéens 3
Figure 3. Structures hydrogéologiques et eaux souterraines dans le bassin méditerranéen 5
Figure 4. Répartition de l'écoulement potentiel moyen annuel dans le bassin méditerranéen 9
Figure 5. Volumes d'eau écoulés moyens annuels comparés des pays riverains de la Méditerranée 10
Figure 6. Distribution des hauteurs d'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle dans le bassin méditerranéen (mm/an) 11
Figure 7. Budget d'eau global du bassin méditerranéen 15
Figure 8. Densités de population rapportées aux ressources en eau renouvelables dans le bassin méditerranéen (1990)..... 28
Figure 9. Demande en eau totale actuelle par habitant dans le bassin méditerranéen (années 1980-1990) 35
Figure 10. Indices d'exploitation des ressources en eau renouvelables dans le bassin méditerranéen (années 1980) 38
Figure 11. Schéma général de circuit d'utilisation d'eau..... 44
Figure 12. Indices d'exploitation des ressources en eau renouvelables dans le bassin méditerranéen en scénario moyen..... 56
Figure 13. Rejets bruts (a) et émissions finales (b) de matières dans le milieu naturel, par les collectivités, suivant les scénarios 75
Figure 14. Prélèvements en eau pour l'irrigation, calculés pour les pays les plus preneurs 84
Figure 15. Consommations finales en eau par l'irrigation dans le bassin méditerranéen, suivant les scénarios 85
Figure 16. Demandes sectorielles totales en eau dans le bassin méditerranéen 122
Figure 17. Subdivisions "hydrogéoécologiques" du bassin méditerranéen..... 134
Figure 18. Prospective des ressources en eau relativisées aux populations probables, dans les pays méditerranéens (en 2025)... 143

Liste des tableaux

Tableau 1. Principaux bassins fluviaux méditerranéens 4
Tableau 2. Budgets d'eau actuels dans le bassin méditerranéen (flux moyens, en km³/an) 13
Tableau 3. Budget d'écoulement actuel (km³/an) 14
Tableau 4. Relations entre les eaux continentales et les autres composantes de l'environnement 20
Tableau 5. Ressources en eau des pays méditerranéens (km³/an) ... 24
Tableau 6. Ressources en eau renouvelables par habitant (1990) 27
Tableau 7. Ressources en eau renouvelables estimées exploitables dans quelques pays méditerranéens (km³/an) 29
Tableau 8. Utilisations d'eau dans les pays méditerranéens (années 1980) 31
Tableau 9. Utilisations d'eau par habitant dans les pays méditerranéens (années 1980) 32
Tableau 10. Demandes en eau sectorielles, en proportion des demandes en eau totales, dans le bassin méditerranéen .. 33
Tableau 11. Utilisation actuelle des ressources en eau dans le bassin méditerranéen : indices globaux d'exploitation et de consommation 37
Tableau 12. Soldes d'eau disponible dans le bassin méditerranéen (km³/an) 39
Tableau 13. Quelques indicateurs d'impact sur les qualités des eaux du bassin méditerranéen 40
Tableau 14. Eau et développement : contraintes et rétroactions 45
Tableau 15. Facteurs déterminants des demandes en eau suivant les secteurs d'utilisation 48
Tableau 16. Les scénarios et l'eau 54
Tableau 17. Demandes en eau potable des collectivités du bassin méditerranéen (km³/an) 65
Tableau 18. Consommations en eau finales par les collectivités desservies en eau potable 68
Tableau 19. Rejets de matières des collectivités urbaines et rurales .. 74
Tableau 20. Émissions finales de matières des collectivités dans le milieu 77

Tableau 21. Accroissements relatifs des superficies irriguées de certains pays méditerranéens (base 100 = 1980) 82
Tableau 22. Demandes en eau d'irrigation dans le bassin méditerranéen 85
Tableau 23. Demandes en eau douce des centrales thermiques dans le bassin méditerranéen continental 107
Tableau 24. Tourisme et demandes en eau (années 1980) 110
Tableau 25. Demandes en eau totales du bassin méditerranéen (volumes annuels en km3) 118
Tableau 26. Demandes sectorielles en eau 119
Tableau 27. Demandes en eau globales rapportées aux demandes actuelles 120
Tableau 28. Émissions globales de matières dans le bassin méditerranéen 123
Tableau 29. Indices d'exploitation et de consommation globaux des ressources en eau naturelles 127
Tableau 30. Ressources en eau par habitant et densités de population par unité de ressource (en 2025) 142
Tableau 31. Impacts présumés des changements techniques 161

Préface

La présente publication, ainsi que toutes celles qui paraissent dans la série des "fascicules du Plan Bleu", ne constitue pas seulement une mise au point sur le thème dont elle traite, et qui fait peut-être l'objet d'autres ouvrages plus techniques ou plus détaillés. Elle s'inscrit surtout dans un cadre conceptuel et institutionnel particulier qu'il importe de retracer brièvement, afin de bien saisir sa portée et son originalité. C'est le but principal de cette préface, qui évoque d'abord le Plan d'Action pour la Méditerranée, qui rappelle la nature du Plan Bleu et de ses différents scénarios pour l'avenir, qui indique pourquoi et comment sont préparés les fascicules, et précise en particulier le contenu et la source du présent travail.

Le Plan d'Action pour la Méditerranée

Inquiets de voir se dégrader la mer qui constitue leur lien naturel et leur bien commun, les pays riverains de la Méditerranée, réunis à Barcelone au début de 1975 sous l'égide du Programme des Nations Unies pour l'environnement, décidèrent de lancer un "Plan d'Action" et de signer une "Convention pour la Protection de la Mer Méditerranée contre la Pollution". Depuis lors, la Convention est entrée en vigueur et a été assortie d'un certain nombre de protocoles, portant sur les opérations d'immersion effectuées par les navires, sur la lutte contre la pollution par les hydrocarbures, sur la protection contre la pollution d'origine tellurique, ou sur l'établissement et la gestion d'aires spécialement protégées. Quant au Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM), il est mis en œuvre de façon continue par les soins d'une Unité de Coordination située à Athènes, son contenu et son financement étant décidés par des réunions biannuelles des Etats parties à la Convention de Barcelone. Il y a lieu de souligner qu'il s'agit là du seul mécanisme de coopération régionale auquel participent tous les pays riverains de la Méditerranée sans exception, ainsi d'ailleurs que la Communauté économique européenne, et que ce mécanisme fonctionne convenablement depuis une quinzaine d'années en dépit des difficultés d'ordre politique ou économique de cette région.

Le PAM est en premier lieu destiné à faciliter la mise en œuvre effective des protocoles de la Convention. C'est pourquoi il accorde une place importante à l'étude et à la surveillance continue de la pollution marine sous ses diverses formes et selon ses sources multiples. Ces activités de recherche,

de formation de spécialistes, d'évaluation de l'état de la mer, de coordination et d'assistance aux laboratoires de la région, ainsi que de fixation de mesures de contrôle communes, constituent un large programme appelé MEDPOL. Cependant, dès l'origine du PAM, certains pressentaient déjà qu'en réalité, la mer Méditerranée souffrait surtout de ce qui se passait à terre, et que c'étaient les activités terrestres plutôt que marines des pays riverains qui faisaient courir, non seulement à la mer elle-même mais aux espaces côtiers et aux régions qui l'entourent, les dangers les plus graves. C'est ce pressentiment qui fut à l'origine des éléments "socio-économiques" du PAM. L'un de ces éléments porte sur un ensemble d'activités de caractère pratique dans des domaines intéressant l'environnement et où peut s'exercer une coopération technique entre pays méditerranéens : c'est le Programme d'Actions Prioritaires, mis en œuvre à partir d'un centre d'activités régionales du PAM situé à Split (Croatie). L'autre élément, fondé sur la prospective et l'analyse de systèmes, est le Plan Bleu, qui est réalisé par un autre centre d'activités régionales installé à Sophia-Antipolis, près de Nice, en France.

Le Plan Bleu et sa démarche

L'objectif de base assigné au Plan Bleu est de "mettre à la disposition des autorités responsables et des planificateurs des différents pays de la région méditerranéenne des renseignements qui leur permettent d'élaborer des plans propres à assurer un développement socio-économique optimal soutenu sans entraîner une dégradation de l'environnement". Ainsi, ce travail n'a jamais été envisagé comme un plan au sens d'un instrument contraignant de planification économique centralisée pour l'ensemble du bassin, mais plutôt comme un outil destiné à explorer et à expliciter l'évolution des relations systémiques entre la population, les ressources naturelles, l'environnement et le développement. Il porte de ce fait beaucoup plus sur ce qui se passe dans les pays que sur la mer elle-même et n'est donc qualifié de "bleu" que de façon un peu symbolique.

La méthode choisie pour cet exercice de prospective a consisté à élaborer un certain nombre de "scénarios" fournissant des images possibles du futur à l'horizon 2000 – horizon maintenant très proche et pour lequel les dés sont quasiment jetés – et à l'horizon 2025, pour lequel de larges options demeurent ouvertes, mais qui n'est cependant pas très éloigné quand on songe à la lenteur des changements de comportement qui seront nécessaires, ou au temps requis pour obtenir des résultats en matière d'environnement, par exemple dans le reboisement, la lutte contre l'érosion ou l'assainissement des milieux récepteurs de rejets. Selon des jeux cohérents d'hypothèses concernant les évolutions démographiques, les stratégies de développement et la croissance économique, les politiques d'environnement et de gestion de l'espace, et le niveau de coopération intra-méditerranéenne, les différents scénarios retenus par le Plan Bleu ont ainsi exploré les avenirs possibles du "système méditerranéen", c'est-à-dire à la fois l'agriculture, l'industrie, l'énergie, le tourisme, les transports, l'urbanisation et leurs interactions avec les sols, les forêts, les eaux continentales, le littoral et la mer. Les hypothèses

portant sur la population ou la croissance sont quantitatives. Celles ayant trait aux choix stratégiques ou à l'environnement sont qualitatives.

Deux types de scénarios ont été élaborés. D'une part, des *scénarios tendanciels*, fondés sur un développement mondial à croissance plus ou moins accentuée mais qui décrivent des évolutions ne marquant pas de fortes ruptures par rapport aux tendances stratégiques actuelles et qui se situent en deça ou au-delà d'un *scénario tendanciel de référence (scénario T1)* ; lequel enregistre essentiellement le prolongement des courbes actuelles. D'autre part des *scénarios alternatifs*, où l'on s'écarte délibérément des tendances observées jusqu'ici, et qui sont caractérisés par une attitude plus volontariste des gouvernements méditerranéens, tant en ce qui concerne leurs stratégies de développement et leurs politiques environnementales que l'importance donnée à une coopération intraméditerranéenne effective.

Des images possibles de l'avenir

Ces études prospectives ont permis de dégager des tableaux assez précis et assez contrastés de l'avenir pour les différents secteurs d'activité ou les différents milieux, selon les jeux d'hypothèses choisis dans les scénarios. Le rapport principal sur ces travaux a été récemment publié sous le titre "*Le Plan Bleu : Avenirs du Bassin Méditerranéen*" par les éditions Economica (Paris). Il a été également publié en anglais par Oxford University Press. Seule la consultation de cet ouvrage permet de saisir l'ensemble complexe des options qui s'offrent pour l'avenir des méditerranéens, de leur environnement et de leur développement. Il importe cependant de rappeler schématiquement ici les grandes lignes des conclusions atteintes selon les différents scénarios élaborés par le Plan Bleu.

Dans un *scénario de faible croissance économique, dit tendanciel agravé T2*, moins favorable que le scénario tendanciel de référence, une croissance lente de l'économie mondiale se traduirait par une croissance économique également lente à l'échelle méditerranéenne à cause des interdépendances de la région vis-à-vis des autres régions, et ces conditions de développement affecteraient pratiquement tous les secteurs. A la stagnation des pays du Nord du bassin correspondraient d'énormes difficultés de développement pour les pays du Sud et de l'Est, au point que certains pays verraient décroître les niveaux de production et de consommation par tête dans des secteurs aussi vitaux que la production agricole ou la consommation d'énergie, ce qui signifierait une dégradation progressive de leurs conditions socio-économiques. Le financement de la croissance industrielle serait freiné par le manque de moyens et par le poids d'une dette persistante. La sauvegarde de l'environnement bénéficierait de peu de moyens d'intervention ou de prévention, se traduisant par des mesures au coup par coup, tardives et insuffisantes, dans le cadre de réglementations mal appliquées et avec des réticences à tous les niveaux. Une des évolutions les plus préoccupantes serait la disparition progressive de nombreuses forêts (bois de feu et surpâturage) entraînant une érosion parfois irréversible des sols, et perturbant les régimes d'écoulement et de régulation des eaux. Les terres marginales des pays du Sud et de l'Est

seraient soumises à de fortes pressions, conduisant à leur dégradation, et les ressources en eau des grandes régions agricoles des pays du Nord seraient menacées par une pollution croissante (azote des engrais). En revanche, certaines pressions et pollutions seraient moindres que pour d'autres types de développement, à cause de la stagnation ou de la faible croissance des activités économiques. La population atteindrait un niveau maximum, les classes en âge de travailler, très nombreuses dans les pays du Sud, se heurtant à un insurmontable sous-emploi. La croissance urbaine atteindrait, elle aussi, son niveau maximum (en chiffres absolus), les villes souffrant de services mal assurés et de conditions sanitaires préoccupantes.

En fait, dans ce scénario, il est vraisemblable, sinon certain, que de graves ruptures, sociales ou géopolitiques, se produiraient bien avant l'horizon 2025 et obligeraient à infléchir nettement les politiques et les comportements, c'est-à-dire à "changer de scénario".

La reprise dans les années 90 de la croissance économique à l'échelle mondiale et une meilleure coordination entre les grands partenaires (Etats Unis-Europe-Japon) auraient un effet certain d'entraînement sur les économies des pays du bassin méditerranéen *(scénario de forte croissance économique, dit tendanciel modéré T3).* Les pays de la Communauté européenne, par exemple, gagneraient en moyenne un demi-point de croissance – ce qui est important sur quatre décennies – et influenceraient positivement le développement des autres pays du bassin. Dans les pays du Sud et de l'Est, les gains globaux de production seraient renforcés par une croissance moins vive des populations (totales et urbaines) conduisant à des améliorations sensibles des indicateurs socio-économiques par habitant, c'est-à-dire du bien-être économique et social. Les rendements agricoles y seraient pratiquement doublés d'ici 2025, une partie des productions d'une agriculture fortement intensifiée étant orientée vers les marchés européens et internationaux, dans un climat général de croissance des échanges. Les industries des pays du Nord du bassin accroîtraient leur spécialisation dans les secteurs de pointe, alors que les industries de base et de biens manufacturés et agro-alimentaires des pays du Sud et de l'Est connaîtraient un développement spectaculaire, au point de dépasser après 2000 les niveaux de production des pays du Nord. L'intensification de l'agriculture elle-même induirait dans ces pays une forte demande industrielle : engrais, tracteurs, machines, etc. Tout conduirait à une forte croissance des consommations d'énergie (supérieures d'environ 70 % au scénario précédent) et notamment de l'électricité, faisant appel à toutes les sources possibles.

Bien que les moyens législatifs et financiers et les outils techniques d'intervention pour la sauvegarde de l'environnement et des milieux soient plus aisément disponibles, ce scénario s'est révélé paradoxalement le plus menaçant pour l'environnement, à cause du niveau élevé de toutes les activités économiques et des retards à la mise en application de mesures qui, de toute façon, visent à combattre les effets de la pollution à posteriori plutôt que de la prévenir. Dans ce type de croissance insuffisamment soucieux de l'environnement, les pressions sur le littoral seraient particulièrement graves, sinon impossibles à maîtriser, la plupart des activités s'y étant concentrées, et

y suscitant des conflits aigus d'utilisation (certaines utilisations étant mutuellement exclusives). Des ruptures économiques et plus encore d'irréversibles dégradations écologiques seraient les signaux d'alarme de menaces plus lointaines, mais plus graves encore.

Ces deux types extrêmes de scénarios tendanciels ont montré les difficultés du développement, surtout pour les pays du Sud et de l'Est du bassin méditerranéen, dans un climat international de vive concurrence, que la croissance économique soit lente ou au contraire vigoureuse (avec ses effets pervers), ce qui se traduit par une attention insuffisante portée à l'environnement. En permettant une meilleure répartition des efforts, un partage des connaissances et des expériences, et une organisation des marchés, la coopération internationale dans un monde multipolaire plus équilibré et surtout une coopération intra-méditerranéenne plus effective pourraient donner une impulsion nouvelle aux économies et aux sociétés de la région. Cette volonté de coopération est la caractéristique principale des scénarios alternatifs, l'un fondé sur une forte coopération Nord-Sud *(scénario alternatif de référence A1)* où la Communauté européenne joue un rôle d'entraînement plus marqué, l'autre sur une coopération sous-régionale Sud-Sud par groupes de pays, tels que le grand Maghreb, *(scénario alternatif avec aggrégation A2).*

Ces scénarios comporteraient une forte croissance agricole, allant jusqu'au triplement des productions d'ici 2025 pour certains pays. La croissance industrielle au Sud et à l'Est serait forte et équilibrée pour les principales branches, incluant une composante d'exportation de produits manufacturés vers les pays du Nord du bassin, particulièrement marquée dans le cas d'une forte coopération Nord-Sud, ou davantage basée sur les complémentarités régionales en cas de coopération prépondérante Sud-Sud. Comme pour les scénarios tendanciels, les fortes croissances industrielle, agricole, des transports, etc., induiraient des consommations élevées d'énergie, mais avec deux différences majeures : une plus grande attention serait donnée aux économies d'énergie et une préférence serait marquée pour certaines sources (gaz naturel et énergies renouvelables). Les relations Nord-Sud ou Sud-Sud ainsi que l'amélioration des revenus et des conditions de vie seraient favorables au tourisme, qui connaîtrait son plus fort développement (pouvant atteindre 700 millions de touristes au total, n'excluant pas des risques de rejet par les populations d'accueil), avec une croissance vigoureuse du tourisme national.

En plus de la coopération internationale Nord-Sud ou Sud-Sud, les scénarios alternatifs se distinguent aussi par une approche complètement différente des problèmes d'environnement : internalisation des coûts de protection, prise en compte des facteurs environnementaux dans les mécanismes de prise de décision, moindre centralisation mais meilleure coordination, association des populations aux décisions et à la gestion, etc. Les forêts, les sols et les eaux y sont considérés comme des écosystèmes constituant une seule ressource, protégée et gérée comme telle. De même, le littoral ferait l'objet d'une planification intégrée, associant l'ensemble des acteurs et les trois niveaux de développement : local, régional et national. L'intensification de l'agriculture se faisant avec la recherche de la meilleure efficacité d'utilisation des intrants, l'industrialisation recourant aux procédés les moins pol-

luants, l'énergie privilégiant les sources les plus propres, le tourisme étant mieux réparti dans le temps et dans l'espace, l'urbanisation s'appuyant sur un réseau équilibré de villes moyennes, l'emploi bénéficiant de la dynamique (favorisée) des petites et moyennes entreprises, les impacts sur les milieux et les ressources seraient alors réduits.

Ces quelques indications sur les images fournies par la prospective du Plan Bleu montrent bien que les scénarios tendanciels sont des scénarios instables, soit par la dégradation croissante des conditions socio-économiques d'un certain nombre de pays (aggravant l'instabilité géopolitique du bassin méditerranéen), soit par la dégradation accélérée des milieux et des ressources naturelles.

Seuls les scénarios "alternatifs" semblent pouvoir concilier croissance économique et sauvegarde de l'environnement à long terme, c'est-à-dire assurer un développement durable, en entendant par là un type de développement qui s'efforce de répondre aux besoins essentiels de l'ensemble des générations actuelles sans compromettre, par ses effets sur l'environnement et les ressources naturelles, la capacité des générations futures de répondre à leurs propres besoins. Plus que dans les taux de croissance, les clés de tels scénarios résident en une plus forte coopération méditerranéenne et en une gestion intégrée des milieux dans les processus du développement.

Enfin, il apparaît dans tous les scénarios, qu'au-delà de l'an 2000, l'accroissement démographique prévisible changera jusqu'à la dimension même des problèmes pour la plupart des pays du Sud et de l'Est du bassin méditerranéen. Quel que soit le scénario, il faudrait y augmenter impérativement les productions par une plus grande technicité basée sur une meilleure connaissance scientifique et sociologique, en y associant étroitement les populations ; ou réduire fortement la croissance démographique ; et de préférence agir dans ces deux directions à la fois.

Le cadre géographique

Les conclusions qui viennent d'être esquissées intéressent la totalité du territoire des pays méditerranéens. C'est en effet au niveau national que sont définies les grandes stratégies économiques et que sont édictées les lois et les règlements qui affectent l'évolution démographique ou qui régissent la protection de l'air, de l'eau ou des sols. C'est à ce niveau aussi que sont disponibles, sur une base comparable, les indices et les statistiques économiques. Les scénarios du Plan Bleu qui viennent d'être évoqués, et qui sont décrits avec plus de détail en annexe, se distinguent donc au premier chef par des configurations démographiques, macro-économiques et politiques au niveau des pays riverains de la Méditerranée pris dans leur totalité. Pour cette raison, ils ne peuvent pas toujours refléter de façon complète la spécificité des régions proprement méditerranéennes de ces pays.

Mais comment définir ces régions ? On voit bien que pour la France ou le Maroc, par exemple ; les zones que l'on peut qualifier de méditerranéennes ne représentent qu'une portion assez faible du pays. La situation paraît inverse pour des pays comme la Grèce ou la Tunisie. En réalité il n'y a pas de

délimitation universellement valable ou universellement acceptée de la "région méditerranéenne". La mer elle-même est juridiquement définie par la Convention de Barcelone comme s'étendant de Gibraltar aux Dardanelles. Du point de vue géologique, on se trouve en présence d'une zone fortement fragmentée, au carrefour d'un ensemble complexe de plaques tectoniques conduisant à une activité sismique et volcanique importante et à un relief tourmenté tout au long des côtes sauf sur quelques deltas. Cependant la véritable unité de la région méditerranéenne est plutôt son climat, caractérisé par des étés chauds, marqués d'une période de sècheresse pouvant s'étendre sur plusieurs mois, et des hivers doux à précipitations plus ou moins irrégulières. Ce climat se retrouve dans d'autres parties du monde (Californie, Chili, Afrique du Sud, Australie). Il est associé à une flore typique et particulièrement riche. Il présente cependant des contrastes notables entre le Nord et le Sud ou entre l'Est et l'Ouest du bassin et n'offre pas à lui seul de délimitation pratique pour l'ensemble des pays riverains puisqu'on le trouve jusqu'en Irak ou au Portugal.

Dans ces conditions, afin de dégager les évolutions intéressant plus particulièrement le bassin méditerranéen, on a été amené pour les scénarios du Plan Bleu à adopter plusieurs niveaux géographiques d'étude selon la nature des problèmes considérés. Outre le niveau national déjà mentionné, ces niveaux d'analyse sont les suivants :

– le bassin hydrologique, constitué par l'ensemble des bassins versants des fleuves se jetant dans la Méditerranée ; ce cadre est particulièrement propice pour tout ce qui touche à l'eau (ressources, pollution, irrigation, érosion, etc.) ; il doit être cependant corrigé pour le Nil, qui n'est pris en compte qu'en aval du barrage d'Assouan ;

– la mosaïque des unités administratives des pays riverains qui bordent la côte et pour lesquelles des données statistiques comparables sont disponibles ; cette délimitation souffre de l'hétérogénéité de ces unités administratives, plus ou moins étendues selon les pays, mais offre le seul cadre pratique permettant d'analyser les questions de population, d'urbanisation, d'utilisation des terres, etc.;

– enfin la frange littorale elle-même, étroite bande terrestre et maritime plus ou moins marquée mais n'excédent pas quelques kilomètres, où ont tendance à se concentrer toutes les pressions humaines et où se joue, plus que sur la mer elle-même, l'avenir de l'environnement méditerranéen.

Les fascicules du Plan Bleu

En raison même de leur approche systémique globale portant sur l'ensemble des secteurs économiques et des milieux géographiques pour la totalité du bassin, les scénarios du Plan Bleu ne pouvaient guère entrer dans le détail de la problématique et des évolutions relatives à chacun de ces secteurs et chacun de ces milieux au niveau des seules régions méditerranéennes. Dans le même temps les études nécessaires à la préparation des scénarios ont permis de rassembler des données et des informations nombreuses et d'effectuer des recherches particulières qui n'ont évidemment pu être toutes relatées

dans le rapport principal. C'est ainsi que dans ce rapport, la forêt méditerranéenne par exemple, dont le rôle écologique est considérable, ne fait l'objet que d'une analyse prospective demeurant assez générale, ou que les îles méditerranéennes, avec leurs problèmes très particuliers, ne sont mentionnées que de façon succincte.

Il est donc apparu qu'il serait utile, aussi bien pour les spécialistes que pour les décideurs, d'utiliser le matériel et l'expérience accumulés par le Plan Bleu pour creuser plus avant la problématique et l'évolution de chaque secteur et de chaque milieu en se concentrant sur les régions méditerranéennes proprement dites. Tel est l'objet des "Fascicules du Plan Bleu".

Chaque fascicule peut être lu indépendamment du rapport principal sur les scénarios, mais il s'appuie sur ces derniers dans sa partie prospective. Ainsi les fascicules constituent-ils autant de "lectures" du Plan Bleu du point de vue spécialisé de leur sujet. Pour chaque fascicule, on a fait appel à un auteur principal, choisi en fonction de sa compétence et de sa notoriété et ayant le plus souvent été associé à la préparation des scénarios. Le projet de texte préparé par cet auteur principal a été ensuite soumis pour commentaires et critiques à un certain nombre de spécialistes du sujet de différents pays méditerranéens ainsi qu'à des experts des organisations internationales concernées. La cohérence des analyses avec celles qui résultent des scénarios a également été assurée. Bien que présenté sous la signature de l'auteur principal, chaque fascicule représente donc en fait le fruit d'un travail collectif, s'efforçant à une analyse objective du sujet et des enjeux qu'il comporte. Ainsi chaque fascicule viendra-t-il constituer un complément organique au rapport principal, et l'ensemble des fascicules – qui seront publiés de façon échelonnée – devrait former, avec ce rapport, le legs écrit durable des travaux du Plan Bleu à l'intention des décideurs, des planificateurs, des chercheurs, des enseignants, des étudiants, et de tous ceux que préoccupe l'avenir du bassin méditerranéen.

Le fascicule sur l'eau

En Méditerranée plus encore qu'ailleurs, notamment du fait de la sécheresse estivale et de l'importance de l'irrigation et du tourisme, l'eau se trouve constamment au centre des préoccupations de la société. Son rôle dans l'ensemble des activités humaines y est un peu analogue à celui que joue l'argent dans l'économie : on a besoin d'elle partout et on n'en a le plus souvent pas assez. Dans ce contexte, le Plan Bleu n'a pas manqué d'examiner avec une grande attention la prospective des demandes en eau pour les différents usages domestiques, agricoles, industriels et autres des populations méditerranéennes.

Cependant la richesse et la complexité du sujet appellent à une étude plus spécifique, plus technique et plus approfondie de l'offre et de la demande, tant en ce qui concerne les quantités que les qualités des eaux, et de leurs évolutions possibles selon les divers types de développement envisagés par le Plan Bleu.

C'est cette étude qui a été tentée dans le présent fascicule, en se plaçant toujours autant que possible dans l'optique des interactions entre environnement et développement qui préside à tous les travaux du Plan Bleu. A cet égard, il importe de garder à l'esprit que les eaux dont il s'agit ici – appelées eaux douces ou eaux continentales par opposition aux eaux salées de la mer – jouent un double rôle : d'une part, elles constituent en effet une composante fondamentale de l'environnement, comportant des milieux aquatiques divers et jouant un rôle central dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres, et d'autre part, elles fournissent des flux d'une matière première indispensable à la vie quotidienne des collectivités humaines comme à chacun de leurs secteurs d'activité économique, et qui permet l'entraînement et l'assimilation d'une forte proportion des déchets produits tant par ces collectivités que par ces activités.

Dans la vision prospective qui est recherchée ici, il importe donc à la fois d'analyser l'évolution des "demandes" sectorielles, c'est-à-dire des prélèvements quantitatifs et qualitatifs en amont des usages et des besoins liés à l'épuration des eaux usées en aval ainsi que l'évolution de l'état des eaux dans le milieu naturel et de leur rôle dans les écosystèmes. Bien évidemment, ces deux analyses prospectives vont se croiser, puisque les objectifs de préservation de l'eau dans l'environnement et de conservation à long terme de la ressource ne peuvent être indépendants des objectifs d'utilisation de cette même ressource pour toutes les activités de développement. En fait, le Plan Bleu et, plus encore, les études prospectives présentées dans ce fascicule montrent qu'en Méditerranée, pour des raisons variées (démographie, irrigation, tourisme, etc.), l'eau est déjà ou sera demain un facteur limitant du développement pour la majorité des pays riverains.

En vérité, cette conclusion sévère, appuyée ici par les chiffres, ne devrait pas surprendre les Méditerranéens. Depuis des millénaires en effet, les civilisations qui se sont succédées sur ces rivages ont eu à faire face aux problèmes engendrés par la pauvreté et par l'irrégularité des ressources en eau, et elles ont à ce sujet fait preuve d'une ingéniosité remarquable. On songe aussi bien ici à l'utilisation de la crue par les anciens égyptiens, ou à l'audace des aqueducs romains, qu'à l'étonnante richesse des techniques hydrauliques arabes, ou encore à la maîtrise des fleuves par les vénitiens pour empêcher l'envasement de leur lagune... Ce qui en revanche surprendra sans doute les habitants des régions méditerranéennes, c'est la rapidité avec laquelle peuvent se produire presque partout chez eux des pénuries d'eau nouvelles dont l'histoire ne les a pas jusqu'ici avertis.

La géographie n'a d'ailleurs pas doté tous les riverains de la Méditerranée d'une égale manière. S'ils partagent un climat caractéristique commun, celui-ci est nettement plus sec au Sud qu'au Nord. De surcroît les fleuves des pays du Nord viennent souvent de régions tempérées pluvieuses, alors que ceux du Sud, à l'exception du Nil, n'ont guère en amont que des régions arides. Quoiqu'il en soit, l'eau se déplace selon son cycle naturel. Pour définir les limites de la région méditerranéenne, il s'impose donc tout particulièrement dans ce fascicule de prendre en compte l'ensemble du bassin hydrographique, même si sa délimitation dans les zones arides de Libye et d'Egypte, où les

eaux souterraines seules sont importantes, se heurte à quelques difficultés. On exclut cependant de l'étude les parties du bassin qui se trouvent dans des pays non-riverains (Suisse, Bulgarie) et on se limite pour le Nil à sa partie située à l'aval d'Assouan. On notera que, par référence au Plan Bleu, le texte utilise le nom de Yougoslavie selon son ancienne signification, le bassin hydrologique méditerranéen de cette région étant essentiellement partagé aujourd'hui par la Croatie et la Slovénie. On n'oublie pas par ailleurs que si l'eau se déplace, elle peut aussi être déplacée, et l'avenir fera certainement de plus en plus appel à des transferts entre bassins à l'intérieur d'un même pays ou d'un pays à l'autre, à l'intérieur du bassin méditerranéen ou en provenance de l'extérieur.

Les problèmes de l'eau ont le plus souvent un caractère local, qu'il s'agisse des quantités nécessaires ou disponibles et plus encore des qualités de cette eau. On pourra donc penser que les analyses macroscopiques à l'échelle du bassin méditerranéen, ou à celle des régions méditerranéennes de chacun des pays riverains, ont un caractère trop global pour s'appliquer exactement à telle ou telle situation locale, et de telles situations peuvent même être, ici et là, à contre-courant des conclusions générales de l'étude prospective. Cependant, ces conclusions éclairent la situation d'ensemble et les situations dans les divers pays. Etant donné le caractère vital de l'approvisionnement en eau, et son importance dans tous les aspects de la vie économique, on peut d'ailleurs s'attendre à ce que les efforts considérables qui devront être faits en Méditerranée très prochainement dans ce domaine aboutissent à établir une interdépendance de plus en plus marquée dans la mobilisation et les modes d'utilisation de la ressource, au niveau national d'abord, mais aussi au niveau sous-régional, voire de toute la région.

Après avoir présenté le contexte hydrologique de la région méditerranéenne, et rappelé le double rôle qu'y joue l'eau dans l'environnement et pour le développement, le fascicule analyse les ressources et les utilisations actuelles des divers pays. Les données fournies à ce sujet, comme pour le reste du fascicule, ont été actualisées selon les sources disponibles les plus récentes. Sont ensuite posées les bases de l'étude prospective des demandes et des offres, mettant en relief le poids particulier de la démographie. La prospective proprement dite des demandes sectorielles (collectivités, agriculture, industrie, énergie, tourisme) est alors étudiée en détail. Après l'examen des interactions quantitatives et qualitatives entre l'eau du milieu et ses utilisations – et par conséquent des conflits possibles qui en résultent – le fascicule porte son attention sur l'avenir des ressources elles-mêmes et sur les progrès techniques qui pourraient intervenir. Les conclusions se concentrent naturellement sur le sujet capital de la gestion de l'eau et de ses enjeux. A cet égard, le fascicule n'avait pas pour objet d'offrir un traité exhaustif d'un sujet aussi vaste, mais, en se rattachant aux résultats de l'étude prospective, il énonce un certain nombre d'orientations pour l'action qui pourraient former les bases d'une véritable politique méditerranéenne de l'eau.

Remerciements

C'est à M. **Jean Margat**, ancien Chef du Département d'hydrogéologie du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) et aujourd'hui conseiller scientifique de cet organisme, qu'a été confiée la responsabilité de préparer le présent fascicule. Spécialiste mondialement connu de l'hydrologie des eaux souterraines et de l'étude des bilans hydriques, Jean Margat avait déjà conduit les études prospectives sur l'eau nécessaires à la construction des scénarios méditerranéens du Plan Bleu. Il a procédé ici à un réexamen en profondeur des travaux antérieurs et c'est en développant et en combinant des analyses détaillées portant sur les offres et sur les demandes d'eau comme sur les impacts et sur les usages qu'il est arrivé aux résultats présentés dans ce fascicule. Il est envisagé que les études complètes qu'il a menées à cet égard, y compris leurs développements méthodologiques, soient publiées sous forme exhaustive par le BRGM. Pour ce fascicule, il a bénéficié des contributions et des commentaires de MM. **Emilio Custodio** (Espagne), **B. de Carmantrand**, **Yves Emsellem** et **Claude Lefrou** (France), **Marcello Benedini** (Italie), **Borivoje Mijatovic** (Yougoslavie), **Mme Nesrin Algan** (Turquie), **MM. Eli Rosenthal** (Israel), **I. Iacovides** (Chypre), **Kamel Hefni** (Egypte), **Omar Salem** (Libye), **Mohamed Ennabli** (Tunisie), **Mohamed Ben Blidia** (Algérie), **Mohamed Jellali** (Maroc), **Jean Khouri** (ACSAD) et **Habib Zebidi** (UNESCO).

La cohérence entre ce fascicule et le rapport principal sur les scénarios méditerranéens a été assurée par M. **Michel Grenon**, conseiller et ancien directeur scientifique du Plan Bleu. La mise au point détaillée du texte, des tableaux et des illustrations en vue de la publication a bénéficié du concours inlassable et soigneux de Mme **Catherine Kuzucuoglu**. Le Centre d'Activités Régionales du Plan Bleu pour la Méditerranée remercie chaleureusement tous ceux qui ont contribué à ce travail.

Sophia Antipolis, Avril 1992

Michel Batisse
Président
Centre d'Activités Régionales du Plan Bleu

Chapitre

I.

L'eau dans la nature méditerranéenne

Le climat, le relief, l'interpénétration des terres et de la mer, particulièrement développée au Nord, les configurations des bassins fluviaux et les constituants du sous-sol, sont autant de facteurs d'une répartition et d'un régime des eaux très spécifiques au monde méditerranéen, aussi différent des régions atlantiques ou eurasiennes contiguës au Nord que du domaine aride qui le jouxte au Sud et à l'Est. Dans le même temps, l'identité hydrologique méditerranéenne n'exclut pas des conditions contrastées entre les différentes parties du bassin. Aussi ce chapitre s'ordonnera-t-il en deux volets consacrés respectivement l'un aux caractères les plus communs, l'autre aux principales différences "sous-régionales", notamment entre Nord et Sud. Quelques rappels de données globales sur le bassin les complèteront avant que ne soit explorée la correspondance entre les eaux de la nature et les ressources.

1. Caractères communs

Climat

Autour de la Méditerranée, les conditions hydroclimatiques de l'occurrence et du régime des eaux déterminent l'appartenance à un "bassin méditerranéen". Le climat méditerranéen, transition entre le climat tempéré classique et le climat désertique ou aride, se définit précisément par ses composantes hydriques :

– Deux saisons pluvieuses, l'une dominante (automne) l'autre secondaire (printemps) encadrent un été chaud et sec qui fait l'originalité de ce climat.

– Précipitations très irrégulières, tant à l'échelle journalière (très fortes intensités : des chutes de pluie "torrentielles" exceptionnelles de plusieurs

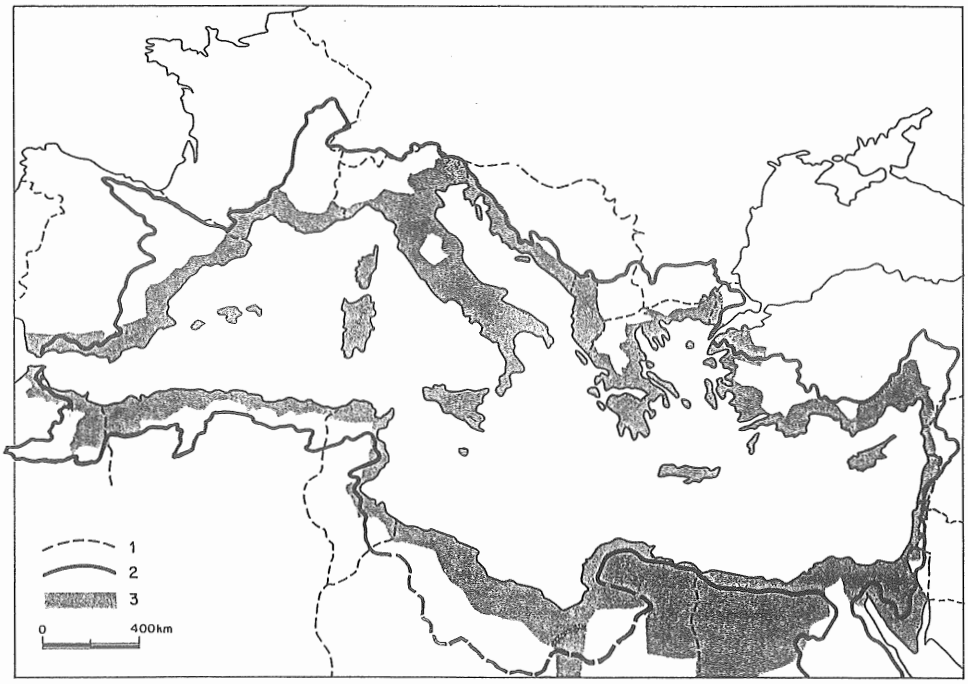
centaines de mm en une journée peuvent survenir et déclencher des crues catastrophiques), qu'à l'échelle annuelle. Elles sont concentrées sur un petit nombre de jours de pluie (entre 50 et 100 jours par an, en moyenne).

– Sécheresse estivale prononcée et potentiel d'évapotranspiration annuelle similaire à celui des zones semi-arides : 0,8 à 2 m/an, plus variable dans l'espace – suivant l'altitude surtout- que dans le temps – suivant les années.

– L'évaporation réelle, plafonnée par la faiblesse des précipitations à la saison où les facteurs thermiques sont les plus intenses, demeure partout bien inférieure à l'évaporation potentielle à l'échelle annuelle. En corollaire : les excédents hydriques annuels (précipitations, évaporation réelle) sont notables, grâce à la répartition saisonnière des précipitations et à leur concentration.

– Le régime des précipitations fragilise et limite partout les possibilités de l'agriculture "pluviale", en répondant très insuffisamment aux besoins en eau des cultures.

Figure 1
L'espace méditerranéen : bassins et régions



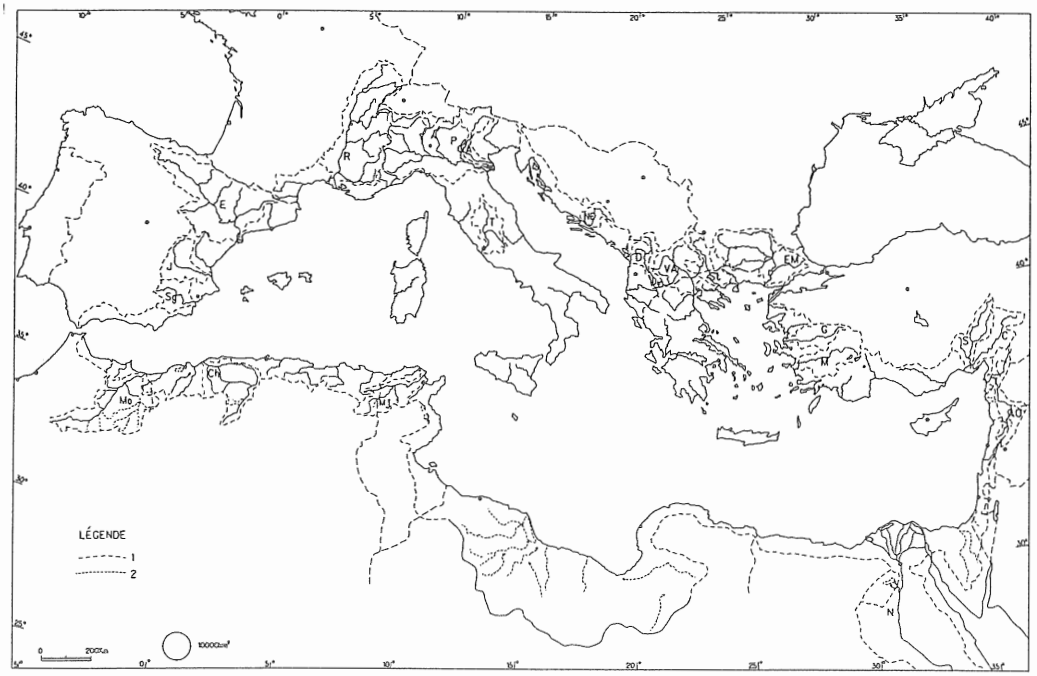
Légende : 1. Frontières d'Etat ; 2. Limite du bassin méditerranéen (bassins versants) ; 3. Régions méditerranéennes du Plan Bleu (circonscriptions administratives côtières).

Morcellement des structures hydrographiques

La vigueur du relief cloisonne l'hydrographie en nombreux bassins versants de faible à moyenne étendue, empêchant la formation de très grands bassins fluviaux, hormis une seule exception : le bassin du Nil, extra-

méditerranéen dans sa plus grande partie et n'affluant à la Méditerranée qu'à la faveur de sa nourriture tropicale et de l'absence locale de relief alpin littoral. En dehors de ce cas particulier, aucun bassin n'atteint 100 000 km^2, cinq seulement dépassent 50 000 km^2 et vingt-et-un dépassent 10 000 km^2 (fig. 2 et tab. 1).

Figure 2
Réseau hydrographique et bassins fluviaux méditerranéens



Légende : 1. Cours d'eau temporaire ou épisodique ; 2. Limites du bassin méditerranéen et des principaux bassins fluviaux. Bassins fluviaux à superficie > 10 000 km^2 : A Adige, AO Asi-Orontes, C Ceyhan, Ch Cheliff, D. Drin, E. Ebro, EM Ergene-Maritsa, G Gediz, J Jucar, M Menderes, Mj Medjerda, MO Moulouya, N Nil, Ne Neretva, P Pô, R Rhône, S Seyhan, Sg Segura, St Strymon-Strouma, T Tevere (Tibre), VA Vardar-Axios.

Néanmoins les dix bassins les plus étendus, qui cumulent plus de 608 000 km2 (en ne comptant pour le Nil que sa partie égyptienne) couvrent ensemble environ un tiers de la superficie totale du bassin méditerranéen (haut-Nil exclu) (tab. 1). En leur ajoutant les onze bassins suivants, donc en considérant tous les bassins de superficie supérieure à 10 000 km^2, on aboutit à près de 797 000 km^2, soit 42 % du bassin total (haut-Nil exclu). Autrement dit, pour près des 6/10 de sa superficie, le bassin méditerranéen est composé de bassins fluviaux élémentaires de moins de 10 000 km^2.

L'insularité accentue ce morcellement hydrographique pour plusieurs pays, au Nord surtout (record en Grèce dont 21 % du territoire – 27 500 km^2– est insulaire). Les îles méditerranéennes couvrent ensemble environ 110 000 km^2 – dont 75 800 km^2 pour les cinq plus grandes (Sicile, Sardaigne, Chypre, Corse, Crète) – soit 6 % du bassin méditerranéen total (en entendant

par là, le bassin hydrographique compris dans les pays riverains, à l'exclusion des parties du bassin réel situées dans des pays tels que la Suisse, la Bulgarie, etc.) Ainsi sont multipliés les cadres physiques indépendants offerts à la gestion des eaux.

Tableau 1
Principaux bassins fluviaux méditerranéens

Dénomination (fleuve principal)	Aire du bassin versant (km²)	Longueur du cours d'eau principal (km)	Débit moyen annuel (hm³/an)	Débit moyen annuel (1 000 m³/an/km²)*	Pays
Nil	2 870 000	6 671	Débit naturel	14	Egypte, Ethiopie,
(total)	(dont 144 000 en Egypte)		à Assouan : 89 200**	33	Soudan, Ouganda
Rhône	98 845	812			France, Suisse
(en France)	91 313	522	54 000	546	
Ebre	86 000	930	17 400	200	Espagne, France
Pô	70 090	676	46 700	666	Italie, France, Suisse
Moulouya	53 700	450	1 583	30	Maroc, Algérie
Meric-Evros/Ergene	52 450	490	9 800	187	Bulgarie, Grèce, Turquie
(en Turquie)	14 560				
Cheliff	45 000	700	1 200	18	Algérie
Büyük Menderes	24 976	450	3 150	126	Turquie
Axios-Vardar	24 662	388	4 220	171	Yougoslavie,
(en Grèce)	1 818				Grèce
Asi-Orontes	23 933	570	2 470	103	Syrie, Liban,
(en Syrie)	11 410				Turquie
(en Turquie)	7 796				
Medjerda	23 700	484	~ 1 000	42	Tunisie, Algérie
(en Tunisie)	16 100				
Ceyhan	21 982	509	7 250	330	Turquie
Seyhan	20 450	~ 500	5 920	290	Turquie
Gediz	18 000	270	2 270	126	Turquie
Jucar	17 876	506	1 640	92	Espagne
Tibre	17 169	405	7 380	423	Italie
Strymon	16 553	430	3 460	211	Bulgarie, Grèce,
(en Grèce)	6 027				Yougoslavie
Segura	14 925	240	230	15	Espagne
Neretva	12 750		11 900	935	Yougoslavie
Drin	12 368	151	11 258	910	Albanie, Yougoslavie
Adige	12 200	415	6 750	553	Italie

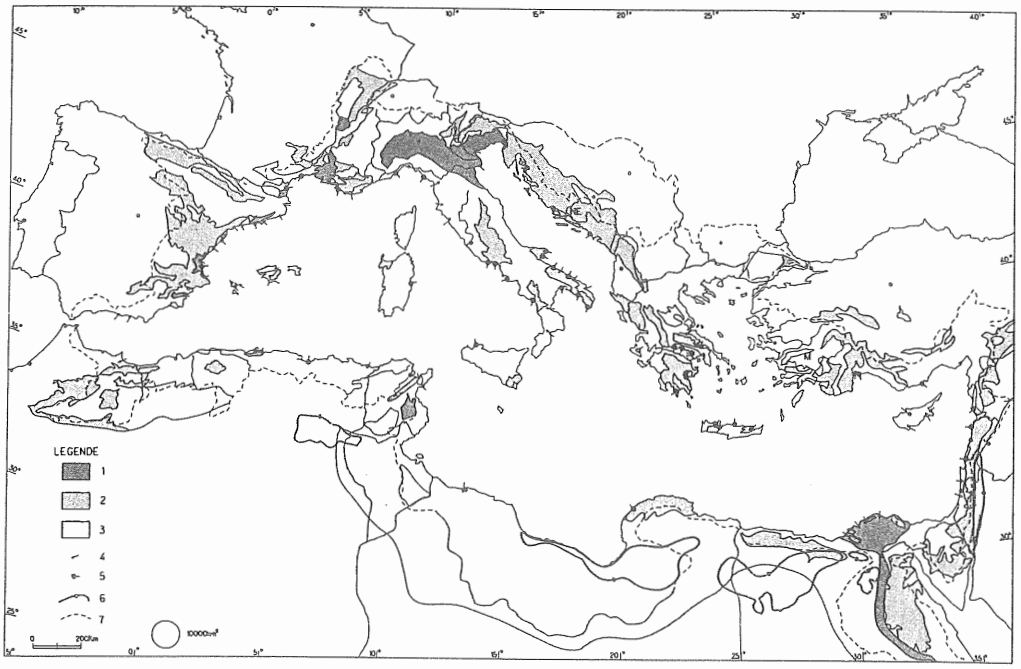
* Un débit de 1 000 m³/an/km² équivaut à 1 mm/an de hauteur d'eau écoulée.
** A l'embouchure, le débit réel ancien (avant 1970) était d'environ 40 000 hm³/an ; le débit réel actuel avoisine 5 000 hm³/an.

Ces extensions réduites des bassins et la faible longueur des artères principales que cela implique, jointes à des pentes généralement fortes, favorisent des réponses rapides et peu amorties des écoulements aux épisodes pluvieux, donc l'irrégularité des écoulements superficiels.

Structures hydrogéologiques

Les structures géologiques qui charpentent le relief cloisonnent tout autant le sous-sol du bassin méditerranéen, doté d'aquifères nombreux mais de faible extension. Peu de zones sédimentaires comportent des réservoirs aquifères étendus : les plus vastes, inscrits dans les principaux bassins fluviaux (Ebre, Pô, Rhône) ne couvrent que quelques dizaines de milliers de km^2. Les grands bassins sédimentaires d'Afrique septentrionale (Egypte, Libye, Tunisie du Sud) restent pour l'essentiel extérieurs au bassin méditerranéen. Les ressources en eau souterraine non renouvelables offertes par leurs réserves considérables, primordiales pour les arrière-pays arides, sont accessoires pour les parties de ces pays comprises dans le bassin même, sauf au prix de transferts à distance comme ceux qui sont en cours de réalisation en Libye.

Figure 3
Structures hydrogéologiques et eaux souterraines



Légende : 1. Principaux aquifères alluviaux, à nappe souterraine libre ou en partie captive en profondeur ; 2. Aquifères carbonatés karstiques ; 3. Principaux bassins sédimentaires à nappes souterraines libres en surface et/ou captives en profondeur (ressources en partie non renouvelables) ; 4. Invasion d'eau de mer dans un aquifère littoral ; 5. Source littorale ou sous-marine majeure ; 6. Limite de zone où la surface de la première nappe souterraine est au-dessous du niveau de la mer ; 7. Limite du bassin méditerranéen.

Deux types d'aquifères sont par contre répandus dans la plus grande partie du bassin et contribuent à modérer l'irrégularité des cours d'eau (fig.3) :

– Les aquifères karstiques des massifs et plateaux calcaires si caractéristiques du paysage méditerranéen ; en sont issues de nombreuses sources à débit souvent élevé (exemple de la Fontaine de Vaucluse, en France), y compris des sources littorales ou sous-marines ;

– les formations alluviales des principales vallées et des dépressions de comblement de piedmont ou des plaines littorales, qui offrent les ressources en eau souterraine les plus directement accessibles et sont elles-mêmes, soit en partie nourries par les aquifères karstiques qu'elles bordent souvent, soit alimentées par les cours d'eau auxquels elles sont très liées.

Que les aquifères soient karstiques ou alluviaux, les nombreuses interconnexions qui les relient aux cours d'eau rendent les ressources en eau superficielles et souterraines des régions méditerranéennes très interdépendantes, ce qui invite à une évaluation et à une gestion unifiées.

Toutefois cette interdépendance est assez fortement atténuée dans beaucoup de zones littorales par un fait également très spécifique au bassin méditerranéen et favorisé par la longueur du "linéaire côtier" : le développement des affluences directes d'aquifères à la mer, par des sources littorales ou sous-marines individualisées issues des aquifères karstiques côtiers, ou aussi par des écoulements souterrains plus diffus provenant des aquifères alluviaux ou de quelques bassins sédimentaires ouverts sur la mer (golfe des Syrtes...). Bien que ces débits occultes soient difficiles à estimer – ils sont d'ailleurs l'objet de chiffrages globaux assez divergents – et à mobiliser directement, ils constituent vraisemblablement une fraction non négligeable des afflux totaux d'eau continentale et insulaire à la Méditerranée. Il s'ensuit une certaine autonomie possible de gestion de ces eaux souterraines tributaires de la mer, sous la seule contrainte du maintien des équilibres entre l'eau douce et l'eau marine.

Régime des écoulements

Variabilité et irrégularité sont ici les maîtres-mots.

En conséquence directe du climat et des structures d'écoulement, le régime des cours d'eau méditerranéens est fait d'alternance de crues courtes et brutales et d'étiages sévères, soutenus seulement, soit par des sources surtout karstiques dont les débits sont eux-mêmes irréguliers, soit, plus localement, par des lacs ou, en été, par la fonte des glaces (dans le versant alpin seulement). Ne font exception que les quelques fleuves dont le bassin est en partie extra-méditerranéen et dont le régime est de ce fait plus complexe et plus équilibré : le Nil (dont le régime actuel est artificialisé), le Rhône, le Pô (tab. 1). Les débits d'étiage sont partout bien inférieurs aux débits moyens annuels et souvent nuls en dehors des domaines karstiques. Les débits moyens mensuels d'étiage – en août le plus souvent – sont fréquemment inférieurs au dixième, et parfois au centième des débits moyens mensuels les plus élevés (hiver). Dans le bassin méditerranéen, la composante

stable des écoulements, donc la ressource en eau naturellement régulière, n'est qu'une portion réduite des "apports" totaux (tab. 5, chap. 2). Les chiffres donnés ne se rapportent d'ailleurs qu'aux débits moyens mensuels. Si la variabilité pluri-annuelle est prise en compte et si les débits journaliers sont considérés, les écarts entre les extrêmes deviennent beaucoup plus amples : pour l'ensemble du bassin, les écoulements d'étiage ont été estimés de l'ordre de 20 % de l'écoulement global moyen annuel, soit environ 100 10^9 m^3/an.

A l'autre extrême, une part notable des écoulements de crue n'est pas maîtrisable, faute de réservoirs d'accumulation suffisants, même d'un point de vue strictement technique. Les débits de pointe peuvent d'ailleurs être de plusieurs centaines de fois supérieurs au débit moyen annuel.

La variabilité pluriannuelle se superpose en outre à l'irrégularité saisonnière et l'amplifie : les volumes écoulés annuels varient plus largement que les précipitations. D'après les plus longues chroniques d'observations disponibles, les apports "garantis" quatre années sur cinq sont ainsi souvent inférieurs à la moitié des débits moyens annuels. L'estimation des seuls écoulements moyens annuels est donc ici particulièrement sommaire comme base d'évaluation des ressources en eau, qui doit plus qu'ailleurs s'appuyer sur des lois de distribution fréquentielle.

Enfin la faiblesse des débits d'étiage les rend particulièrement sensibles aux sollicitations – prises d'eau aussi bien que retours d'eau usée – pendant la saison estivale.

Qualités des eaux

Les caractères physiques, chimiques ou autres qui déterminent les qualités des eaux – notion elle-même toute relative aux fonctions de biotope des milieux aquatiques et aux divers usages – sont bien ceux qui se prêtent le moins à des appréciations globales.

Si, d'une manière générale, assez peu d'eaux du bassin méditerranéen sont impropres aux principaux usages, deux phénomènes viennent cependant nuancer cette assertion :

– la turbidité fréquente des eaux superficielles en période de crue, résultat de l'active érosion des sols déjà signalée ; il n'est que de mettre en regard le flux massique global calculé de matières en suspension transporté jusqu'à la mer Méditerranée et l'écoulement de surface global qui en est le vecteur : 300 millions de tonnes pour 455 milliards de m^3 d'eau en année moyenne ;

– la dureté assez fréquente des eaux souterraines en raison de l'extension des terrains calcaires, accompagnée de défauts de pureté dus à la filtration souvent médiocre dans ces terrains plus ou moins karstiques et eux-mêmes alimentés par des pertes d'eau superficielle.

Hors de la frange littorale où les eaux souterraines sont au contact direct des eaux marines et sont sujettes aux risques d'intrusion – facilitée par les très faibles charges hydrauliques locales dans des basses plaines côtières surtout –, la salinité des eaux est surtout marquée dans quelques zones des pays du Sud, où elle est à imputer aux effets du climat aride.

Par ailleurs, les qualités des eaux de surface en étiage, comme celles de beaucoup d'eaux souterraines – celles des aquifères karstiques tout particuliè-

rement – ont peu de défense naturelle contre les contaminations ou les actions polluantes qui peuvent les menacer : aussi est-ce là l'une des dimensions les plus sensibles des ressources en eau.

Milieux amphibies

Terres et eaux s'entremêlent souvent intimement dans les zones littorales méditerranéennes, créant des milieux aquatiques et amphibies sensibles et évolutifs. Les charges de sédiments des fleuves déterminent le développement des deltas, dont la progression et les interférences avec les courants marins côtiers favorisent la formation de cordons littoraux qui isolent des lagunes, marais ou étangs d'eau douce ou saumâtre. Toutes ces structures sont instables et soumises aux changements, naturels ou artificiels, des régimes des apports fluviatiles.

Principaux deltas méditerranéens		**Superficies aquatiques littorales (km²)**			
Fleuve	**Superficie (km²)**		**N**	**S**	**Total**
Nil	24 000	Lagunes	2 875	2 740	5 615
Rhône	2 100	Etangs côtiers	630	0	630
Pô	1 400	(deltaïques)			
Ebre	540				
		Ensemble	3 505	2 740	6 245

2. Différences et contrastes

Une géographie des ressources en eau très contrastée

On sera souvent amené à distinguer la partie Nord du bassin en y incluant Chypre et la Turquie, et la partie Sud. Quand on distinguera entre Nord et Sud + Est du bassin, Chypre et la Turquie seront incluses à l'Est.

L'inégale distribution des précipitations et des écoulements conséquents dans le bassin, bien illustrée par les différences d'écoulement unitaire (débit moyen par km²) suivant les bassins fluviaux (les hauteurs d'eau écoulées varient dans les principaux bassins de 15 000 à plus de 9 000 000 m³/an par km², soit dans le rapport de 1 à 60), engendre les contrastes régionaux les plus évidents (fig. 4). Contraste entre Nord et Sud d'abord, mais avec des correctifs non négligeables :

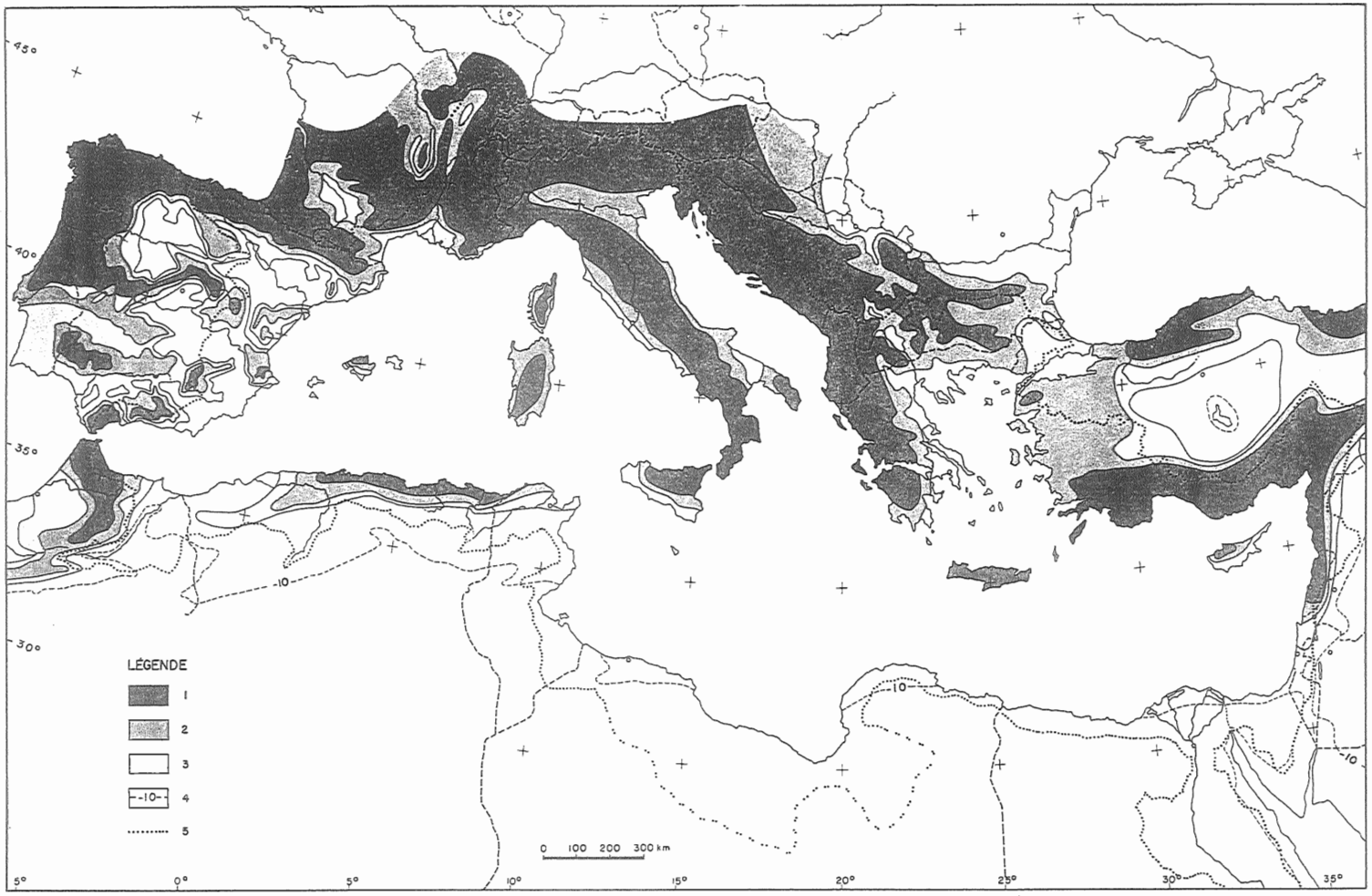
– à l'Ouest les régions méditerranéennes d'Europe – Espagne et même France – sont relativement moins arrosées et génératrices d'écoulement qu'une bonne partie des régions côtières du Maghreb ;

– c'est au centre et à l'Est que le contraste Nord/Sud est le plus marqué.

Ainsi des zones littorales à apports d'eau décroissant rapidement vers l'intérieur (Maghreb, Levant, Anatolie), s'opposent à celles où c'est l'inverse (Europe), tandis qu'au Sud-Est du bassin le désert s'étend jusqu'à la mer.

Figure 4

Répartition de l'écoulement potentiel moyen annuel dans le bassin méditerranéen

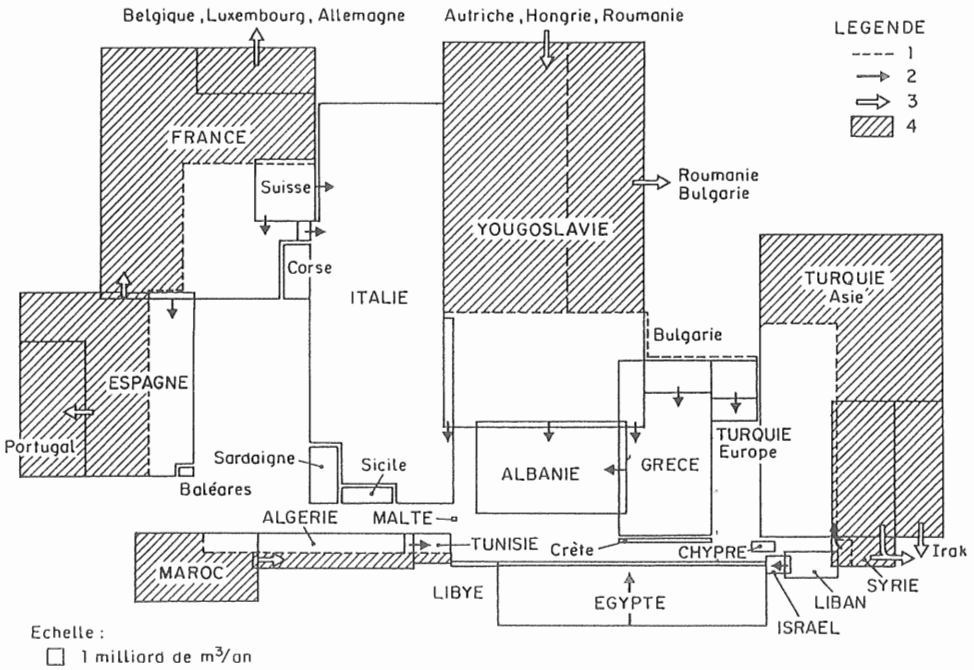


Note : l'écoulement potentiel moyen annuel représente les "précipitations efficaces".

Légende : 1. 200 mm/an ; 2. 100 à 200 mm/an ; 3. 50 à 100 mm/an ; 4. 50 mm/an, et limite approximative de la zone inférieure à 10 mm/an ; 5. limite du bassin.

Cette répartition contrastée se traduit immédiatement par d'énormes différences entre les ressources en eau naturelles (renouvelables) définies par les volumes d'eau écoulés globaux dans chaque pays (fig. 5).

Figure 5
Volumes d'eau écoulés moyens annuels comparés des pays riverains de la Méditerranée



Note : Les volumes d'eau écoulés moyens annuels correspondent aux ressources en eau théoriques.
Légende : 1 : Limites du bassin méditerranéen ; 2 : Transferts naturels internes au bassin ; 3 : Transferts naturels extérieurs au bassin ; 4 : Ressources des territoires extérieurs au bassin méditerranéen.

La répartition des potentiels d'évaporation de l'atmosphère est tout aussi inégale : l'évaporation potentielle est incomparablement plus forte au Sud – où elle amplifie les besoins en eau des cultures et affaiblit le rendement des réservoirs d'accumulation – qu'au Nord (fig. 6).

Ces différenciations climatiques se répercutent sur le fonctionnement des systèmes fluviaux : à la différence de ceux du versant nord, les réseaux hydrographiques du Sud sont fortement dégradés et les écoulements y sont sujets à des déperditions comme en toute zone aride et semi-aride. Les écoulements formés dans les parties amont ne parviennent pas entièrement – voire pas du tout – aux collecteurs principaux et encore moins à la mer. Dans certaines zones – en Libye notamment – le niveau des eaux souterraines est lui-même inférieur au niveau de la mer, interdisant toute affluence souterraine occulte à la Méditerranée (fig. 3). Cela amplifie les contrastes et pose au Sud des problèmes particuliers pour chiffrer les ressources : les écoulements à l'exutoire d'un bassin sont inférieurs à la somme de ceux qui y naissent localement et

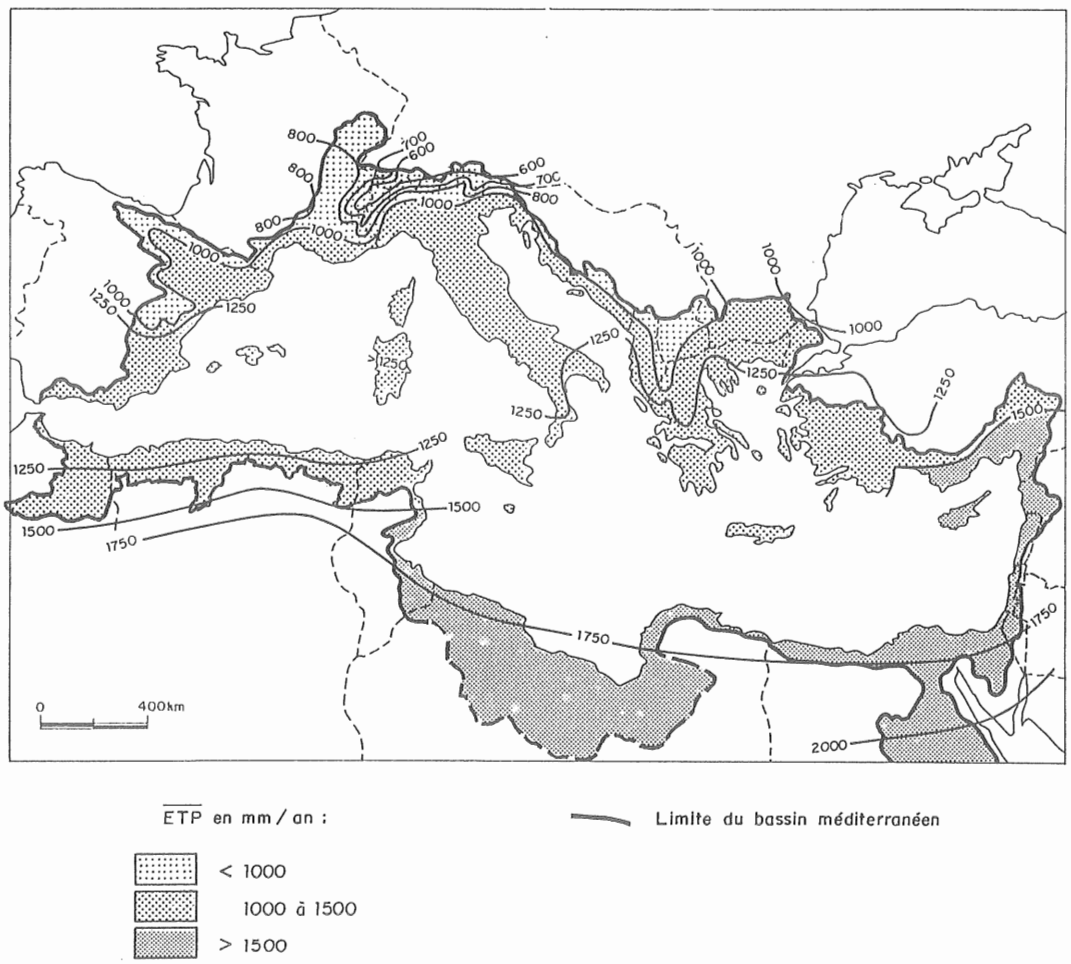
ils peuvent être inversement fonction des superficies des bassins... L'irrégularité des écoulements en est d'autant plus aggravée au Sud.

Ces dégradations et l'importance de la part des eaux écoulées, superficielles ou souterraines, qui s'évapore, ont aussi un effet direct sur la salinité des eaux, souvent notable au Sud (même au début des crues, par suite du lessivage de sols salés). "Chotts" et "sebkhas", marais temporaires d'eau salée, s'ajoutent au Sud aux lagunes côtières, qui sont accompagnées de nappes d'eau souterraine salée plus étendues, notamment dans les zones où elles sont déprimées sous le niveau de la mer.

A contrario, les principaux stocks régulateurs naturels des écoulements – lacs permanents, glaciers, aquifères à forte capacité – sont cantonés dans le versant nord (en France et en Italie pour la plupart).

Figure 6

Distribution des hauteurs d'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle dans le bassin méditerranéen (mm/an)



Source : UNESCO, *Atlas of World Water Balance* (1977).

Compte-tenu des déperditions et des consommations nettes par les usages – irrigation surtout –, elles aussi très différemment distribuées, les écoulements réels à la Méditerranée sont encore plus inégalement répartis entre les pays que les apports. Le contraste Nord/Sud est ici particulièrement marqué : 95 % du débit total provient de la rive Nord et 5 % de celle du Sud.

L'insularité, accrue d'une "péninsularité" qui crée les mêmes conditions, est développée pour l'essentiel en mers Egée et Adriatique, où sont ainsi multipliés les problèmes posés par des ressources en eau locales très limitées.

Les contrastes de relief et d'apports d'eau – le plus souvent liés – conduisent à de fortes différences de répartition des potentiels énergétiques hydrauliques. Une grande partie du "potentiel hydroélectrique sauvage" du bassin méditerranéen est ainsi concentré dans les bassins montagneux des pays du Nord.

3. Comptes des eaux méditerranéennes

Budgets d'eau globaux

Quelques chiffrages globaux des composantes du cycle de l'eau à l'échelle du bassin méditerranéen ont été tentés. Sans vouloir surestimer la portée de telles données "macrohydrologiques", inévitablement assez approximatives, il est possible de rappeler ici les ordres de grandeur des flux calculés, ce qui sera surtout une manière de quantifier les contrastes Nord/Sud déjà évoqués, tout en sachant que ce n'est pas à une échelle aussi globale que les confrontations entre les demandes humaines et les ressources peuvent s'analyser avec pertinence.

Différents budgets d'eau, dont les présentations comptables classiques et analytiques sont encore souvent dénommées "bilans", peuvent être établis :

– celui du bassin hydrographique méditerranéen,

– celui de l'atmosphère supra-méditerranéenne,

– celui de l'espace méditerranéen, intégrant le bassin, la mer et l'atmosphère.

On présente seulement ici le budget d'eau du bassin méditerranéen situé dans les pays riverains.

Pour chacun des territoires nationaux compris dans le bassin méditerranéen, des budgets d'eau moyens ont été établis, à partir des budgets des bassins fluviaux élémentaires plus ou moins extrapolés dans le temps et dans l'espace. Leur agrégation, malgré des validités inégales et des défauts d'homogénéité temporelle des références, a permis de dresser un budget global, en conservant toutefois la distinction entre le versant Nord (de l'Espagne à la Turquie, avec les îles) et le versant Sud (de la Syrie au Maroc) pour faire ressortir leur différence (tab. 2).

Les utilisations contemporaines de l'eau dans le bassin ont des incidences non négligeables sur la composition du budget actuel par rapport à son état naturel primitif. L'antiquité de certaines utilisations ne permettant pas de reconstituer un état rigoureusement "naturel", l'état ancien considéré est celui où les utilisations humaines, relativement stables, n'avaient pas d'effet

déséquilibrant : en pratique un état moyen au 19e siècle servira de référence pour évaluer les incidences des utilisations modernes par différence avec un état moyen actuel (seconde moitié du 20e siècle).

Tableau 2
Budgets d'eau actuels dans le bassin méditerranéen (flux moyens en km³/an)

Pays	Flux entrants (1) Précipitations	(2) Apports de pays voisins (actuels)	(3) Ecoulement potentiel interne (superf. et sout.)	(4) Ecoulement potentiel total	Flux sortants (5) Débits affluents en mer	(6) Ecoulement "exporté" pays voisins (dans le bassin)	(7) Evapotranspiration (y compris déperditions d'écoulement)
Espagne	108	1	30,1	31,1	19,5	0	89,5
France	125	12	62	74	66	5	66
Italie	296	7,6	179,4	187	170	0	134
Malte	0,2	0	0,07	0,07	~ 0,03	0	ε
Yougoslavie	93	0	77,5	77,5	58,5	18,5	16
Albanie	58	5,5	44,5	50	49	0	~ 13
Grèce	110	13,5	45,15	58,65	55	3	65,5
Turquie	156	7	~ 60	~ 67	63,5	~ 0,1	99,5
Chypre	4	0	0,9	0,9	0,5	0	3,5
Total Nord	950 (arrondi)	25**	500	525**	482	–	487
Syrie	11,3	0,6	3,4	4	1,4	1,1	9,4
Liban	6,5	0	4	4	~ 3	0,5	3
Israël	7	~ 0,1	0,9	1,0	ε		~ 7
Egypte	~ 12	56,5*	~ 0,8	~ 57	~ 6		62,5
Libye	~ 10	56,5*	0,7	0,7	ε		~ 10
Tunisie	~ 20	ε	2,53	3,1	1,1		19,5
Algérie	55	0	10,85	10,9	8,5	0,6	~ 46
Maroc	27,5	0	3,8	3,8	~ 3	0,1	24,5
Total Sud	150 (arrondi)	56,6 (avec Nil actuel)	27	84**	23	–	182
Total bassin	1 100	82**	527	609**	505	–	669

* dont 55,5 km³/an correspondent à la part revenant à l'Egypte du partage du débit du Nil mesuré à Assouan.
** sans double compte.

• Dans cet état ancien :

– La comparaison Nord/Sud fait ressortir de nets contrastes (en % du total) :

	Nord	Sud
Précipitations	86 %	14 %
Potentiel d'écoulement (interne) total	95 %	5 %
Potentiel d'écoulement de crue	96 %	4 %
Potentiel d'écoulement souterrain (alimentation des nappes)	90 %	10 %
Ecoulement total à la mer	89 %	11 %
Evaporation totale	73 %	27 %

• Dans l'état actuel (tab. 3), le budget est présenté sous la seule forme de budget d'écoulement, ce qui fera mieux ressortir les changements.

Tableau 3

Budget d'écoulement actuel (km³/an)

Entrées	Nord	Sud	Total	Sorties	Nord	Sud	Total
Potentiel d'écoulement interne (= précipitations efficaces)	493	27	520	Déperditions par évaporation	1	18	19
				Consommations nettes	23	40	63
				Ecoulement → mer :	482	23	505
Importations	25	~ 57	82	Restitutions à la mer	13	2	15
Total*	519	84	602	Total*	519	84	602

* Les totaux tiennent compte d'un transfert du Sud vers le Nord équivalent à environ 1 km³/an en l'état actuel.
Note : Les chiffres portent sur l'état actuel, qui diffère surtout de l'état ancien par la construction du barrage d'Assouan.

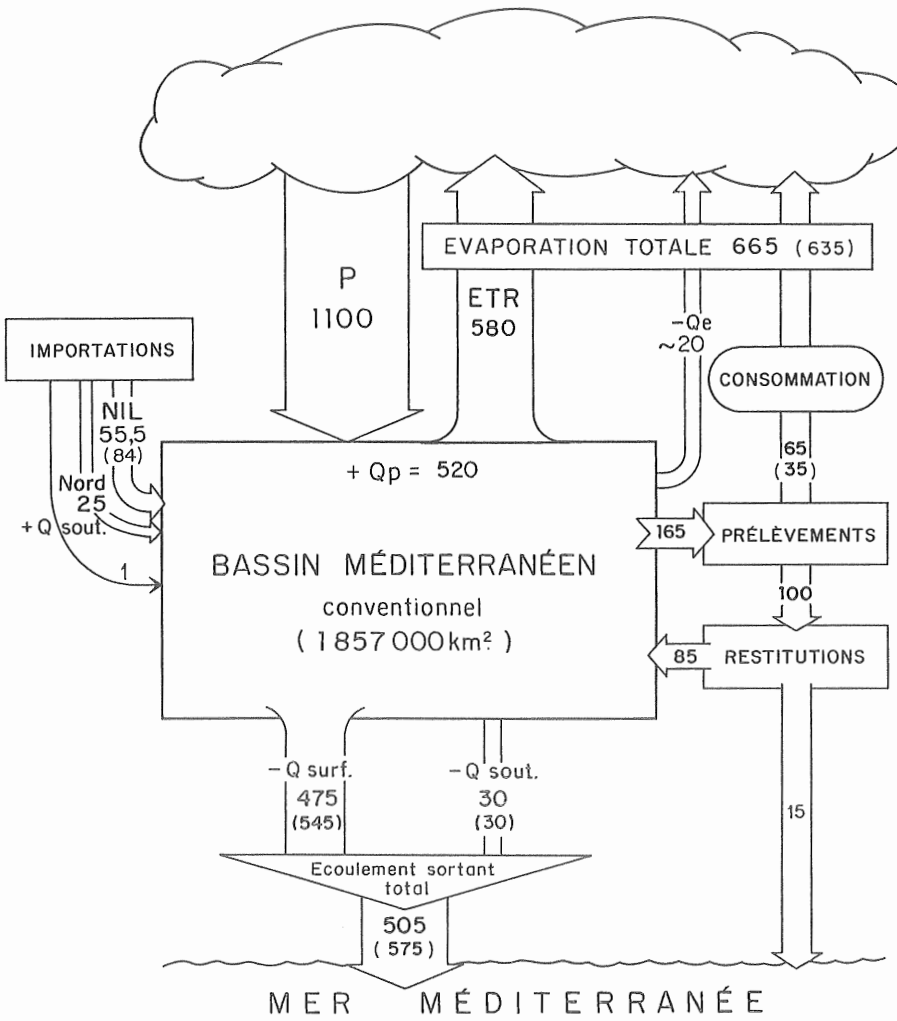
Dans l'état actuel :

– les écoulements sortants (à la mer) ont la signification de débits réels ;

– la comparaison Nord-Sud en % des totaux s'établit ainsi :

	Nord	Sud
Ecoulement réel actuel à la mer (avec les restitutions)	95 %	5 %
Répartition de la consommation nette par les utilisations (avec restitutions à la mer)	46 %	54 %
Répartition de la diminution de débit des cours d'eau à la mer (entre état ancien et état actuel)	41 %	59 %

Figure 7
Budget d'eau global du bassin méditerranéen



Unité : milliard de m^3/an (km^3/an)
P: Précipitations ETR : Evapotranspiration réelle
+ Qp: Potentiel d'écoulement (= précipitations efficaces)
- Qe : Déperditions d'écoulement par évaporation
+ Q sout : Importation souterraine
- Q surf : Ecoulement de surface sortant ⟶ mer
- Q sout : Ecoulement souterrain sortant ⟶ mer

Note : Les flux chiffrés sont des moyennes actuelles. Les nombres entre parenthèses correspondent aux flux en état ancien.

– le Nord et le Sud diffèrent aussi beaucoup par leurs "consommations" des apports, le taux de déperdition du potentiel d'écoulement ("importation comprise") étant de 0,2 % au Nord contre 21 % au Sud.

• Les différences avec le budget en état ancien (fig. 7) résultent à la fois :

– de diminution d'"importation" (Nil régularisé par le barrage d'Assouan et part allouée à l'Egypte : $55,5 \cdot 10^9$ m^3/an),

– d'accroissement de consommation par les utilisations (évapotranspiration et restitution à la mer),

– de réduction des affluences à la mer par les cours d'eau (70 milliards de m^3/an).

4. Nature et ressource

La connaissance hydrologique des occurrences et des régimes, voire des qualités, des eaux, dont viennent d'être esquissés les particularités et des chiffrages globaux, est certes le soubassement physique nécessaire de l'estimation des ressources en eau, à diverses échelles, mais elle ne s'y réduit pas.

Les flux et les stocks d'eau offerts par la nature, souvent qualifiés par un abus de langage anthropocentrique, ressources en eau "naturelles" ou "physiques", ne prennent en compte que la dimension quantitative de la ressource. Ils se prêtent, il est vrai, à des chiffrages comparables entre eux (malgré de fortes approximations), mais les comptes hydrologiques ne sont pas *ipso facto* des statistiques de ressources en eau à l'instar de celles d'autres matières premières. Avant de parler de ressource, il serait plus juste de préciser qu'il s'agit de chiffrer les apports d'eau naturels et les réserves, variables les uns et les autres, relatifs à un territoire : les premiers vont offrir des ressources renouvelables, les seconds des capacités régulatrices naturelles des variations d'apports et aussi des ressources non renouvelables procurées par déstockage.

Traditionnellement, dans l'optique de l'aménagement des eaux, la ressource renouvelable tend à être réduite aux seuls flux d'eau maîtrisables, donc à la part des pluies qui engendre l'écoulement, celle qui s'évapore, qualifiée symptomatiquement de "déficit d'écoulement", étant considérée comme perdue... Une vision plus complète doit pourtant considérer, comme ressource, les précipitations totales, en distinguant la "ressource pluviale" utilisée spontanément par l'agriculture et toute autre végétation utile (pâturage, forêts), et la "ressource fluviale", au sens de l'eau qui s'écoule (en surface et en sous-sol).

La ressource pluviale correspond à la fraction de la pluie évaporée qui est transpirée par le complexe sol + végétation en concourant à la production végétale. Elle se rapporte en pratique aux seules superficies de terres arables, ou plus largement aux aires pastorales et forestières. Elle est certainement bien inférieure aux quelque 570 milliards de m^3/an calculés pour tout le bassin (450 au Nord, 120 au Sud), surtout au Sud où les superficies arables sont réduites. La difficulté d'évaluer la ressource pluviale avec précision ne doit pas, pour autant, la faire négliger, car elle concourt à déterminer les besoins en eau complémentaires, à caractère fréquentiel, auxquels l'irrigation doit pourvoir par appel à la ressource fluviale, celle qui s'aménage et s'exploite...

Nature et héritage

Antérieurement aux "temps modernes", à l'ère industrielle, le cycle de l'eau et le régime des eaux dans le bassin méditerranéen avaient-ils été déjà influencés significativement par les civilisations humaines qui, pour plusieurs, y eurent leur berceau ?

On sait que l'irrigation a été pratiquée en Egypte dès le 4e millénaire avant J.C. (un "nilomètre" fonctionnait déjà vers – 3000) et en Grèce dès le 2e millénaire, ainsi, avant notre ère encore, qu'en Italie par les Etrusques. Les Romains la développèrent ensuite en plusieurs régions (Italie, Espagne...), puis les Arabes après le 8e siècle au Maghreb et en Espagne. On sait aussi que le drainage d'assainissement des terres a été pratiqué en Italie par les Etrusques – inventeurs, dit-on, des drains souterrains – puis par les Romains qui asséchèrent de nombreux marais. Efficaces localement pour améliorer la production agricole et la salubrité, ces opérations d'emprise limitée ne paraissent pas avoir eu de conséquences appréciables sur le régime des eaux à l'échelle régionale, sauf dans le cas de la vallée du Nil : l'aménagement des bassins de rétention et la submersion, pratiqués depuis la plus haute antiquité jusqu'à nos jours, ont dû très tôt consommer des volumes d'eau notables. Il est vraisemblable que, antérieurement à toute action humaine, le Nil ait dû déjà subir des déperditions naturelles au cours de la traversée de l'Egypte, donc n'ait pas déversé à la Méditerranée tout le débit naturel qui s'écoulait à Assouan (en moyenne 90 km^3/an) : néanmoins on peut penser que déjà avant notre ère le débit réel du Nil affluent en Méditerranée ne devait être guère supérieur à celui estimé aux embouchures du delta avant la construction du Haut-barrage (environ 40 km^3/an).

C'est davantage le *déboisement*, largement imputable aux pressions humaines, qui a dû, au cours des siècles passés, avoir des conséquences appréciables sur le régime des eaux – en amplifiant l'irrégularité des écoulements et en accusant les débits de crue extrêmes – voire sur des microclimats, principalement dans les pays du Sud mais aussi dans plusieurs pays du Nord (Espagne, France, Grèce...). En effet, "*les types actuels de végétation dans la région méditerranéenne sont en grande partie le résultat de l'action humaine*" (Gaussen, 1976). De même, "*ce sont les feux, mais aussi le défrichement et le surpâturage (moutons et chèvres) qui ont détruit les forêts de chênes verts et de chênes-liège, actuellement remplacés presque partout par la garrigue et le maquis*" (Bournerias, 1976).

On manque de données qui permettraient de quantifier tant le déboisement lui-même, que ses impacts sur les variables hydroclimatiques et sur le régime des écoulements au cours des temps historiques. Il est toutefois vraisemblable que les régimes des eaux définis par les observations faites depuis seulement quelques décennies résultent de conditions sensiblement modifiées depuis le début de notre ère, dans la plupart des bassins versants méditerranéens.

Dans le domaine de l'eau, comme en d'autres, la nature méditerranéenne dont nous avons hérité est largement "humanisée". La reconstitution d'un état naturel "pur" obligerait sans doute à remonter si avant dans le passé que d'autres facteurs de changement – naturels, eux – tels que des variations climatiques pluri-millénaires seraient à prendre en compte.

En privilégiant son caractère de flux (ressource renouvelable), la ressource en eau conventionnelle, pour l'aménageur et l'exploitant, sera définie par le potentiel d'écoulement interne, accru parfois par des "importations" spontanées (tabl. 3).

Quant à la ressource en eau non renouvelable – souterraine pour l'essentiel – offerte par les réserves des aquifères fossiles, son estimation en tant que volume d'eau à extraire dépend du déstockage praticable et son expression en flux temporaire dépend de la durée d'exploitation voulue.

Pour s'en tenir aux fondements physiques de l'estimation globale des ressources en eau, il conviendra donc de différencier et individualiser :

– la "ressource pluviale"
– l'écoulement potentiel interne (distinct des flux sortants réels)
– l'écoulement "importé"
– la composante stable de l'écoulement total moyen
– la part de l'écoulement souterrain directement affluent à la mer
– éventuellement les volumes d'eau de réservoirs aquifères déstockables dans certaines conditions.

C'est ce qui est tenté dans le récapitulatif pays par pays présenté au tableau 5 (chapitre 2).

Les composantes superficielle et souterraine de l'écoulement interne sont d'ailleurs trop interdépendantes pour donner lieu à des estimations de deux variétés de ressource renouvelable dont les flux seraient additifs. Malgré une pratique séparative encore trop répandue, cette dichotomie a peu de valeur opérationnelle et peut au contraire conduire à des surestimations.

Enfin, une partie des eaux du milieu, non utilisables dans leur état naturel – à commencer par les eaux saumâtres ou l'eau de mer – ou très difficilement maîtrisables dans l'état actuel des techniques (humidité atmosphérique...), concourent à offrir des ressources en eau "non conventionnelles" au même titre que celles obtenues par réaménagement des circuits d'utilisation (réutilisation d'eau usée...) ou par des progrès techniques (chapitre 6).

En pratique, la maîtrise et la mobilisation de l'eau nécessitent des efforts très variables selon les lieux et les moments, de même qu'elles peuvent se heurter à des contraintes très diverses, notamment celles imposées par des utilisations de l'eau *in situ* (loisirs, pêche) ou par la préservation du milieu naturel. Aussi la ressource en eau d'un territoire sera faite de la somme de trois composantes classiques :

(a) la part du débit d'étiage des cours d'eau et du débit des nappes souterraines (qui sont en grande partie les mêmes), autrement dit de la composante assez stable des écoulements, que l'on juge "possible" de capter ;

(b) la part du débit de crue que l'on juge "possible" de régulariser par accumulation, compte tenu du risque de ne pas rendre le gain obtenu entièrement additif à (a), car cette accumulation peut, dans certains cas, diminuer des alimentations de nappes souterraines ;

(c) la part des réserves, surtout d'eau souterraine, que l'on juge "possible" de déstocker : soit temporairement pour amplifier la part captée du flux (on accentue le rôle régulateur du réservoir), soit durablement à long terme (on exploite la "ressource non renouvelable" en étalant cette mobilisation sur une durée à choisir, comme celle d'une exploitation minière).

L'emploi de l'attribut "possible" exprime bien chaque fois la relativité de la ressource aux critères des utilisateurs (et de l'autorité qui arbitre éventuellement leurs divergences, voire leurs conflits) et aux contraintes auxquelles ils sont assujettis.

La conscience de cette relativité a, depuis longtemps, conduit les évaluateurs à tenter de définir et chiffrer – toujours en s'en tenant aux seuls volumes – des ressources en eau "exploitables", qualificatif quelque peu pléo-

nastique puisqu'il oppose l'eau qu'on peut prendre à celle qu'il faut laisser pour des raisons variées, notamment écologiques.

Si il est convenu de ne considérer ressource que l'eau exploitable, il n'en reste pas moins que l'"exploitabilité" dépend de trop de critères pour être définie universellement et avec unicité. En particulier, les points de vue des divers agents économiques et d'autres utilisateurs pourront diverger et l'intégration de critères écologiques sera indispensable. Ce problème est au cœur des préoccupations du Plan Bleu : un des objectifs d'une politique de l'eau conciliant développement et environnement ne consiste-t-il pas à faire la part entre l'eau considérée comme un produit et l'eau considérée comme un milieu naturel ?

5. Eau et environnement

En Méditerranée comme ailleurs, l'eau est au cœur de l'environnement. Aussi, c'est souvent par le biais d'une influence sur d'autres éléments du milieu naturel que les activités humaines ont une incidence sur l'eau, sur son régime ou ses qualités, et non pas seulement par des actions directes (aménagements, prélèvements, retours et déversements, consommations en quantité et en qualité) : par des changements d'occupation du sol – notamment en zone littorale –, par des transformations de la couverture végétale ou forestière, voire par des émissions dans l'atmosphère. De même, des actions sur l'eau peuvent avoir des conséquences sur d'autres composantes du milieu, à commencer par le milieu marin récepteur final des eaux continentales et de leur charge.

Les relations entre les eaux continentales et les autres composantes variables de l'environnement participent ainsi à la redistribution des répercussions des activités humaines sur l'environnement et de leurs contre-coups, de leurs impacts sur le développement. Ces principales relations sont résumées dans le tableau 4.

Les eaux continentales, agent géodynamique majeur, sont le principal facteur d'érosion des sols et de transport de matières déposées dans des aires de sédimentation, notamment littorales, ou surtout déversées en mer. Les cours d'eau sont le principal vecteur intermédiaire qui relie le champ terrestre des activités humaines à la mer.

On a pu estimer que les flux d'eau usée restituée aux différents cours d'eau du bassin méditerranéen sont sept fois plus élevés que ceux déversés directement à la mer par des émissaires : ordres respectifs de 63 à 9 milliards de m^3/an actuellement.

Quant aux flux de matière engendrés par les activités humaines que reçoit la Méditerranée, la plus grande partie lui est apportée par les fleuves : les 3/5 et 4/5 des éléments nutritifs (N, P), 50 à 90 % des métaux ; seules les matières organiques proviennent pour la plus grande part des émissaires directs, grâce au pouvoir autoépurateur des cours d'eau sur les matières oxydables.

Toute transformation des structures d'écoulement ou du régime des eaux continentales modifie leurs rôles dans un sens qui peut être bénéfique ou préjudiciable, soit à la "qualité de l'environnement", soit à d'autres "ressources naturelles" utiles aux activités de développement.

Tableau 4

Relations entre les eaux continentales et les autres composantes de l'environnement

Autres composantes / Eaux continentales	Sols	Forêts	Littoral	Mer
Conditionnent, agissent →	Principal agent d'érosion + lessivage par eaux d'infiltration. Vecteur d'apports de fertilisants → plaines d'inondation et de sédimentation (deltas, ...). Proximité d'eaux souterraines ou superficielles : facteur d'humidité. Eaux souterraines : facteur de stabilité mécanique.	Niveau optimal des eaux souterraines pour certains couverts forestiers.	Constituant d'espaces aquatiques : étangs, lagunes (eau douce ou saumâtre). Menace d'inondation des basses terres. Nappes souterraines peu profondes : contraintes d'occupation du sol et du sous-sol. Facteur de croissance des deltas.	Afflux d'eau douce superficielle ou souterraine. Vecteur d'apports telluriques (sédiments, substances dissoutes ou associées aux sédiments).
sont conditionnées, réagissent ←	Nature et état des sols : facteur du régime des eaux (interactif avec la couverture végétale) : "réservoir" qui conditionne la partition des précipitations entre évapotranspiration, ruissellement et infiltration, donc le rapport ruissellement/infiltration. Erosivité des eaux amplifiée ou atténuée par les traitements du sol.	Rôle régulateur du régime des eaux (*via* fixation des sols). Déboisement : facteur d'irrégularité et de croissance de l'écoulement total. Facteur d'évapotranspiration (= déficit d'écoulement) intense.	Obstacles morphologiques à l'écoulement : cordons littoraux alluviaux ou dunaires (facteurs de formation de plans d'eau et zones humides). Lieu d'équilibre dynamique entre eaux souterraines douces et eaux marines. Incidences d'évolution du littoral (recul, avancée) sur niveau et régime des eaux souterraines. Espace générateur de ressource en eau locale restreint et très vulnérable aux impacts de l'occupation du sol sur le régime des eaux.	Niveau de base général des écoulements continentaux, superficiels et souterrains Source notable des flux d'humidité atmosphérique → continents.

Les eaux souterraines, plus particulièrement, sont souvent un facteur d'équilibre mécanique des versants ou des sols, dont la stabilité peut être très liée aux charges hydrauliques dans le sous-sol : des obstacles artificiels aux drainages souterrains peuvent menacer cette stabilité et induire des glissements de terrain, de même que des abaissements de nappes souterraines intensivement exploitées peuvent provoquer des tassements du sol dans des terrains peu consolidés (à Milan par exemple).

Réciproquement le régime et les qualités des eaux naturelles sont très sensibles aux modifications des états de surface : urbanisation, traitement du sol, changement de végétation (intensification ou "déprise" agricole, reboisement ou déboisement), ou parfois à des aménagements du littoral (travaux portuaires, terre-pleins...).

L'action sur les forêts, lorsqu'elle s'applique à de grandes étendues, a tout particulièrement des impacts notables sur le régime des eaux. Le déboisement peut accroître l'écoulement total, mais aussi son irrégularité et surtout sa phase superficielle, rendant la ressource moins maîtrisable. Le reboisement, à l'inverse, accroît l'évapotranspiration et peut réduire l'écoulement dans une proportion sensible.

La géodynamique, très active dans le "paysage méditerranéen", ainsi que la fragilité du milieu naturel, y avivent toutes ces relations et solidarisent les composantes de l'environnement face au développement des activités humaines.

Chapitre

II.

Ressources en eau et utilisations contemporaines

La prospective des demandes en eau et de leurs conséquences sur les ressources et les états de l'eau dans le milieu naturel méditerranéen, nécessite de dresser un état récapitulatif des situations actuelles, définissant les conditions initiales qui pourront servir de base aux études prospectives, pour chacun des pays méditerranéens.

1. Ressources en eau

Les statistiques sur les ressources en eau, en volume, n'ont pas pour seul objet les occurrences naturelles d'eau dans chaque pays, exprimées en flux moyens globaux. Elles permettent de rassembler en un seul tableau des données "macrohydrologiques" antérieurement dispersées (tab. 5).

(1) Les "ressources pluviales" (col. 1), dont les estimations sont très dépendantes de la définition de ce concept, mais qui constituent la principale ressource pour l'agriculture non irriguée ; elles sont complémentaires des ressources en eau conventionnelles visées ci-après.

(2) Les "ressources en eau renouvelables théoriques" ou "naturelles" offertes à la fois par l'écoulement total formé dans le territoire considéré (en distinguant les composantes superficielles et souterraines) et par les affluences spontanées provenant de pays voisins (col. 2 à 5) ; ces ressources physiques (en volume), objets classiques d'aménagements et de prises d'eau, sont en même temps des capacités de "reprise" et d'assimilation des rejets.

La séparation entre écoulements superficiel et souterrain, censés être additifs, n'est pas conçue de manière homogène selon les pays ; elle est particulièrement difficile dans les pays du Sud, à zones semi-arides, où des échanges entre cours d'eau et aquifères ont lieu dans les deux sens, et où les évaluations dépendent beaucoup de la situation des stations de mesure.

Tableau 5
Ressources en eau des pays méditerranéens, km³/an

	Ressources pluviales (flux moyens) annuels) Maximum théorique (1)	Ressources en eau renouvelables théoriques (flux moyens annuels)				Flux réel sortant actuel		Ressources en eau régulières (comprises dans 5)			Ressources en eau non non renouvelables : volume annuel fourni par déstockage (11)	Ressources non conventionnelles	
		Ecoulement d'origine interne (= flux naturel)		Affluence de pays voisins (4)	Total (2 à 4) (5)	→ mer (6)	→ pays voisins (7)	Cours d'eau de surface (étiage) (8)	Nappes souterraines d'aquifères littoraux → mer (9)	Total (8 + 9) (10)		Dessalement eau de mer (12)	Réutilisation eaux usées (13)
		superficiel (2)	souterrain (3)										
Espagne (Canaries exclues)	225	90,3	20	1	111,3		17	9,2	4,7	13,9			
(bassin méd.)	63	21	9,1	1	31,1	~ 19,5	0	4,5	3	7,5			
France	270	70	100	15	185	161	~ 20,5	85	~ 1,1	86			
(bassin méd.)	63	31	31	12	74	66	5	35	0,2	35,2			
Italie	130	149,4	~ 30	7,6	187	~ 170	0	18,5	12	30,5		54 (1986)	
Malte	0,13	ε	~ 0,06	0	~ 0,07	~ 0,03	0	ε	~ 0,07	~ 0,03		16,1 (1989)	
Yougoslavie	..	130	20	115	265	59	~ 200		~ 5				
(bassin méd.)	15	62	15,5	0	77,5	59	18,5	6,5	~ 5	11,5			
Albanie	..	37,5	7	5,5	50	~ 49	ε	6,5	ε	6,5			
Grèce	53	33,15	12	13,5	58,65	~ 55	3	5,2	2,5	7,7			
Turquie	314	186,5	9,5	7	203	127	69						
(bassin méd.)	80	56,5	2,9	7	~ 67	63,5	0	14,5	1,1	15,6			
Chypre	~ 3	0,6	0,3	0	0,9	0,45	0	0,2	0,07	0,27	40 (1989)	10 (1989)	8 (1989)
Syrie	370	3,6	3,8	27,7	35,1	~ 1,4	30,6	14	0,2	14,2			
(bassin méd.)	28	1,4	2,0	0,6	4	~ 1,4	~ 1,1	2,1	0,2	2,3	40 (1989)		
Liban	4 à 5	~ 1,75	~ 3,2	0	4,94	~ 3,5	0,7	~ 2,9	0,3	~ 3,2			
(bassin méd.)	~ 3	~ 1,3	~ 2,7	0	~ 4	~ 3,5	0,51	~ 1,9	0,3	~ 2,8			
Israël	~ 7	0,15 à 0,2	1 à 1,1	~ 0,47	1,7	ε	0	0,22	~ 1	~ 1,2	320 (1985)		
(bassin méd.)	~ 6	0,07 à 0,1	0,8	~ 0,1	~ 1	ε	0	0,2	~ 0,8	~ 1			
Egypte		~ 0,5	~ 1,3	potentiel : 56,5	58,3	~ 6	0	55,5 régularisé	~ 0,3		200 (1985)	25 (1989)	3 500
(bassin méd.)	12	~ 0,3	~ 0,5	ex débit naturel : 85	57,3	~ 6	0	ex débit naturel 24	~ 0,3	55,8			3 500
Libye		0,2	0,5	ε (sout.)	0,7	ε	0	~ 0,1	0,1	0,2	~ 1 500 (1985) (1 400)	226 (1989)	146 (1985)
(bassin méd.)	24	~ 0,2	~ 0,5	0	~ 0,7	ε	0	~ 0,1	0,1	0,2	~ 500	226	146
Tunisie	33	2,13	1,62	0,6	4,35	1,1	0	1,38	0,7	~ 2,08	20 (1985) (330)	8,5 (1989)	
(bassin méd.)	~ 30	1,76	0,77	0,6	3,1	1,1	0	~ 0,8	0,7	~ 1,5	10		
Algérie		12,2	6,7	0,2	19,1	~ 8,5	0,7	~ 2	0,7	~ 2,7	420 (1981) (1 200)	65 (1989)	
(bassin méd.)	60	9,63	1,25	0,03	10,9	~ 8,5	0,6	1,8	0,7	2,5	ε		
Maroc	120	21	~ 9	0	30	~ 23	0,3	~ 2,5	1,7	4,2		3,5 (1989)	
(bassin méd.)	40	2,4	1,4	0	3,8	~ 3	0,1	0,6	0,3	0,9	ε		

Les affluences de pays voisins ont le sens de "débit réel" à une époque donnée, sujet à diminution possible dans le futur en fonction de la croissance des consommations nettes dans le pays "émetteur". Ces "importations" étant aussi comptées comme ressources pour les pays émetteurs, leur sommation générale pour l'ensemble des pays ne serait pas possible sans double compte.

(3) Les "écoulements réels sortants", en mer (col. 6) ou en pays voisin (col. 7), qui correspondent à des "disponibilités" pour les pays, sous réserve des débits à conserver ou à réserver. Les écarts par rapport aux apports précédents (2) équivalent aux consommations nettes dans les pays, accrues des déperditions spontanées d'une partie des écoulements, appréciables en zones semi-arides dans les pays du Sud.

(4) Les "ressources en eau régulières", comprises dans les apports totaux (2), qui correspondent à la somme des écoulements d'étiage (moyen) des cours d'eau permanents (col. 8) et des écoulements souterrains non collectés par ceux-ci (aquifères littoraux, col. 9), donc aux ressources en eau assurées avec une fréquence d'occurrence assez élevée, sans aménagement régulateur.

(5) Des indications sur les "ressources en eau non renouvelables" (col. 11), restreintes aux mentions des capacités installées de production d'eau par exploitation des réserves de certains aquifères, notables dans plusieurs pays de la zone aride (Israël, Libye, Algérie...).

(6) Les "ressources en eau non conventionnelles" offertes, dans l'état actuel des équipements et de leur capacité productive, par le dessalement de l'eau de mer (col. 12) et par la réutilisation des eaux usées – ressource en eau "secondaire" – (col. 13).

1.1. *Comparaisons entre pays*

Les grandes différences de ressources en eau théoriques de chaque pays tiennent naturellement aux différences de superficie mais aussi à l'incidence du climat. Ramenés en flux moyen par unité de surface, les écoulements potentiels internes (col. 2 + 3) varient entre moins de 1 000 m^3/an par km^2 (ce qui correspond à l'équivalent de 1 mm de précipitations annuelles) en Libye à plus d'un million et demi (1 500 mm/an) en Albanie. Ces contrastes affectent le Nord comme le Sud.

Ressources en eau naturelles internes par unité de surface, moyennes annuelles en mm/an

	Pays du Nord			Pays du Sud	
	Pays entier	Dans le bassin		Pays entier	Dans le bassin
Espagne	222	162	Syrie	41	155
France	310	477	Liban	475	408
Italie	596	596	Israël	60	86
Malte	220	220	Egypte	2	4
Yougoslavie	586	977	Libye	0,05	0,3
Albanie	1 548	1 548	Tunisie	23	28
Grèce	342	342	Algérie	0,80	82
Turquie	251	308	Maroc	42	48
Chypre	97	97			

En chiffres absolus, ces flux moyens internes varient suivant les pays entre 196 km^3/an (Turquie) et 70 hm^3/an (Malte), le minimum des pays continentaux du Nord (44,5 km^3/an, Albanie) étant supérieur au maximum des pays du Sud (30 km^3/an, Maroc). Dans le seul bassin méditerranéen, c'est l'Italie qui reçoit le flux maximal (près de 180 km^3/an) : (fig. 5).

Des ressources naturelles d'origine externe, provenant de pays riverains de la Méditerranée ou non, complètent ces flux intérieurs (col. 4) de plus de 100 km^3/an au total, de sorte que les ressources en eau théoriques totales de quelques pays sont tributaires de ces "importations" spontanées dans une proportion notable : écrasante en Egypte (97 %), mais appréciable aussi en Syrie (79 %, 15 % dans le bassin méditerranéen seul), et en plusieurs pays balkaniques : Yougoslavie (43 %), Albanie (11 %), Grèce (23 %).

Réciproquement une fraction appréciable des flux sortant de certains pays s'écoule non à la mer mais vers des pays voisins, en contribuant à former une part des ressources de ces derniers (col. 7). Parmi les pays qui "exportent" les plus fortes parts de leurs ressources, figurent la Syrie (98 %), la Yougoslavie (75 %), la Turquie (34 %), le Liban (14 %), l'Espagne (15 %), qui sont ainsi les plus sujets à d'éventuelles astreintes : débit à réserver pour l'aval.

La signification des écoulements totaux moyens comme ressource offerte étant limitée, car ils incluent des débits de crue très inégalement régularisables, il convient de considérer plus particulièrement les flux réguliers d'écoulement de surface (étiage, col. 8) ou d'écoulement souterrain additif à ceux-ci (col. 9), toujours en tant qu'apports, dont la somme (col. 10) chiffre les ressources en eau théoriques relativement stables. Ces ressources en eau régulières sont elles aussi inégalement réparties suivant les pays, s'échelonnant de 86 (France) à moins de 0,5 km^3/an (Israël, Chypre, Libye, Malte), et, dans le seul bassin méditerranéen (hors les îles), de 35 (France) à 0,2 km^3/an (Libye) – l'Egypte étant à mettre ici à part puisque sa ressource en eau dominante est à la fois "importée" et régularisée artificiellement –.

Exprimées par habitant – chiffres de populations de 1990 – les ressources en eau théoriques (internes ou totales, régulières ou non) sont tout aussi inégales selon les pays : le tableau 6 présente ces ratios *per capita* pour les pays entiers et leurs parts comprises dans le bassin méditerranéen. Ces ratios s'échelonnent, pour les pays entiers, entre plus de 15 000 m^3/an (Albanie) et moins de 1 000 m^3/an (Algérie, Israël, Tunisie, Libye) ou même moins de 200 à l'extrême (Malte) ; ils sont souvent plus élevés pour les parties méditerranéennes de plusieurs pays du Nord dont les régions côtières sont les plus arrosées sans être les plus peuplées : Yougoslavie (plus de 28 000 m^3/an), Grèce (5 800), Turquie (5 000) et même en France (près de 6 000), alors que c'est l'inverse au Sud en fonction des concentrations du peuplement sur le littoral, sauf au Maroc et en Syrie.

Ces disparités s'expriment d'une autre manière par celles des différentes "densités de population" par unité de ressource en eau (mesurées dans le tableau 6 en habitant par million de m^3/an de flux moyen de ressource théorique – ratio inverse du précédent –).

Autant de contrastes qu'entre le Nord et le Sud s'observent entre plusieurs pays du Nord. Par ailleurs, ces ratios sont parfois du même ordre que les

demandes en eau globales *per capita*, voire plus élevés, ce qui indique bien la nécessité d'une maîtrise des écoulements irréguliers par des réservoirs d'accumulation (Espagne, Italie et pays du Maghreb tout particulièrement) ou de l'aménagement de transferts importateurs (Espagne, Israël, Libye).

Tableau 6

Ressources en eau renouvelables par habitant dans le bassin méditerranéen (1990)

	Population en 1990 (millions d'hab.)	Ratio ressources en eau renouvelables per capita (m^3/an/cap.)	Densité de population par million de m^3/an de ressources en eau renouvelables
Espagne	16,3	1 909	524
France	12,7	5 827	172
Italie	57,32	3 262	307
Malte	0,35	200	5 000
Yougoslavie	2,7	28 700	35
Albanie	3,25	15 385	65
Grèce	10,05	5 836	171
Turquie	13,4	5 000	200
Chypre	0,7	1 286	778
Total Nord	116,80	4 512*	222*
Syrie	1,35	2 963	337
Liban	~ 3	~ 1 380	725
Israël	4,58	371	2 695
Egypte	54,06	1 078	928
Libye	~ 3	~ 230	4 348
Tunisie	6,3	490	2 041
Algérie	~ 20	545	1 835
Maroc	2,6	1 460	685
Total Sud	95	884*	1 131*
Total bassin méditerranéen	212	2 873*	348*

* d'après les sommes des flux moyens de ressources sans double compte dû aux échanges entre pays dans le bassin méditerranéen.

Note : Faute de statistiques détaillées, on a admis dans certains cas, comme le Liban, Israël et l'Egypte, que la totalité de la population était dans le bassin méditerranéen.

Source : Plan Bleu.

1.2. *Sommations*

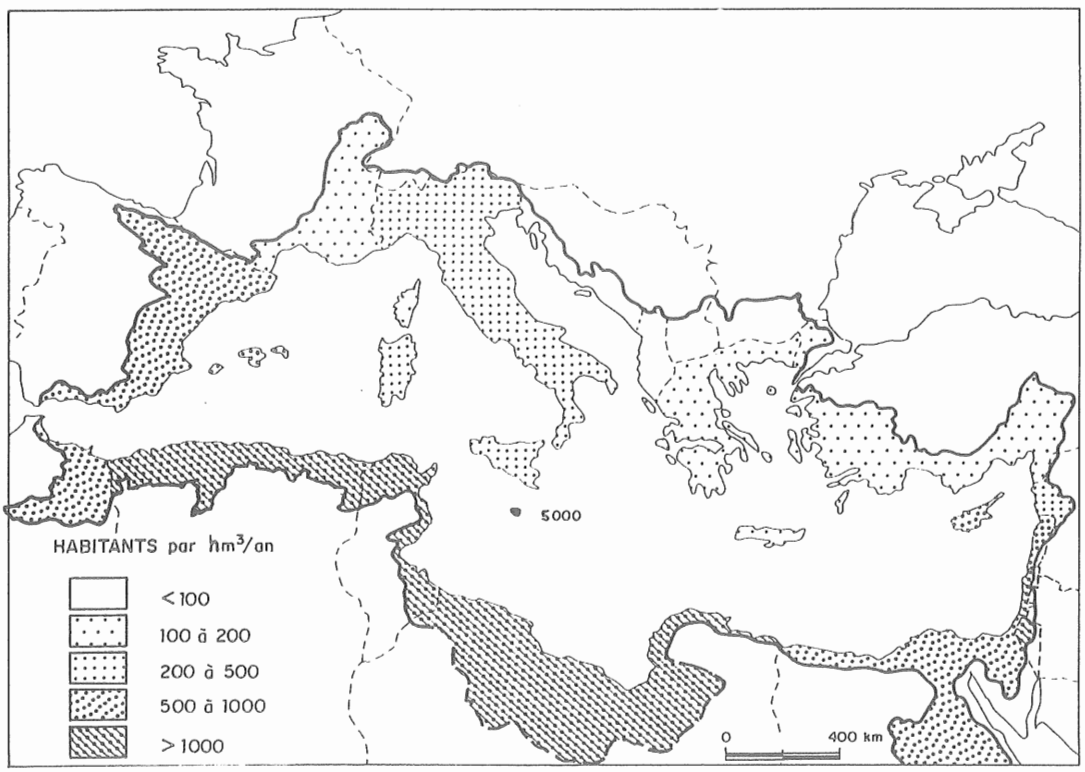
A l'échelle plus macroscopique du bassin méditerranéen ou de ses deux sous-ensembles Nord et Sud, les sommations des flux moyens de ressources en eau renouvelables théoriques (col. 5 du tabl. 5), donnent les résultats suivants (sans doubles comptes dus aux échanges entre pays riverains dans le bassin) :

	Pays entiers (km³/an)	Parties dans le bassin méditerranéen Total (km³/an)	dont "importations spontanées" à partir de pays non riverains (km³/an)	
Nord	1 108	527	27,7	(5,3 %)
Sud	153	84	56,6	(67,4 %)
Ensemble	1 259	609	84,3	(14,0 %)

Ces chiffres font ressortir une disparité accusée entre le Nord, qui dispose de 86 % des ressources en eau du bassin, et le Sud (14 %). En outre, une part prédominante des ressources du Sud (presque les 2/3) est "importée" – par le Nil essentiellement – alors que les affluences de pays non riverains sont accessoires au Nord (où elles sont du même ordre que les échanges entre pays riverains : 25 km³/an).

Figure 8

Densités de population rapportées aux ressources en eau renouvelables dans le bassin méditerranéen (1990)



Les ressources régulières (col. 10 du tabl. 5), sont relativement mieux partagées entre Nord et Sud (toujours sommées sans double compte), en s'en tenant au seul bassin méditerranéen :

	(km³/an)	dont "importations spontanées" à partir de pays non riverains (km³/an)	
Nord	74,5	≈ 11	(15 %)
Sud	67,0	≈ 55,6	(83 %)
Ensemble	141,5	≈ 66,6	(47 %)

La prise en compte du Nil régularisé contribue certes beaucoup à ce rééquilibrage dû pour l'essentiel à une affluence de pays non riverain au profit du Sud.

Le souci de ne pas estimer les ressources en eau sur une base exclusivement physique (hydrologique) et de prendre en compte diverses "possibilités" de mobiliser les eaux du milieu naturel, s'est développé en plusieurs pays méditerranéens, sans méthodes d'évaluation homogènes toutefois. Malgré le manque de comparabilité des résultats qui s'en suivent, il a paru instructif de réunir les estimations globales obtenues, chiffrées en volumes d'eau moyens annuels comparables aux flux globaux naturels considérés plus haut en tant que "ressources en eau théoriques" (il s'agit toujours ici des seules ressources renouvelables), pour huit pays méditerranéens : Espagne, Egypte, Italie, Liban, Libye, Maroc, Tunisie, Turquie (tab. 7).

Tableau 7
Ressources en eau renouvelables estimées exploitables dans quelques pays méditerranéens (km³/an)

Pays (entier)	1 Flux moyen d'écoulement total (interne + apports de pays voisins)	Flux moyen de "ressources en eaux techniquement exploitables"			Date d'estimation de 2, 3, 4	Ratio 4/1 en %
		2 eau de surface	3 eau souterraine	4 total (2 + 3)		
Espagne (hors Canaries)	111,3	59,4	8,3	67,70	1980	61
Italie	187	110,4	13	123,4	1972	66
Turquie	203	80	8	88	1967 1973 1975	43
Liban	4,94	1,32	0,42	1,74	1982	35
Egypte	86 (débit naturel)	64,5	~ 1,5	66	1979	77
Libye	0,7	0,56	0,04	0,6	1978	86
Tunisie	4,35	2,1	1,7	3,8	1985	87
Maroc	30	16	5	21	1980	70

2. Utilisations d'eau

Les données "macro-hydroéconomiques" réunies (tab. 8) sont les plus récentes possibles, mais leurs dates ne concordent pas d'un pays à l'autre.

Dans l'optique présente, les statistiques sur les utilisations d'eau *(ex-situ)* en volume, tant à l'échelle nationale qu'à celle des seuls territoires compris dans le bassin méditerranéen, se rapportent aux actions sur le milieu naturel, donc essentiellement aux prélèvements d'eau répartis en prélèvements d'eau superficielle et d'eau souterraine (col. 1 et 2) et aux soldes entre les prélèvements et les restitutions (aux eaux continentales), donc aux consommations nettes finales (col. 12). Toutefois, en quelques pays, une partie non négligeable des demandes en eau des usagers fait appel à d'autres sources d'approvisionnement. Aussi convenait-il de chiffrer séparément celles-ci, pour calculer des demandes en eau globales (col. 3) parfois supérieures aux prélèvements totaux, et seules à pouvoir être réparties en secteurs d'utilisation.

Les données sur les demandes en eau sectorielles, qui ont encore le sens de prélèvements sauf en cas de recours appréciable à des sources d'approvisionnement complémentaires (répartition des chiffres de la col. 3), se rapportent aux quatre secteurs classiques essentiels d'utilisation économique de l'eau *ex-situ* :

– col. 4 : ensemble des utilisations d'eau potable dans les agglomérations desservies par les réseaux de distribution (groupe non homogène comprenant les usagers domestiques et d'autres, industriels par exemple...) ;

– col. 5 : utilisation par les industries non desservies (auto-alimentées) ;

– col. 6 : utilisation par les centrales thermiques (eau de refroidissement) ;

– col. 7 : utilisation par l'agriculture (irrigation).

Ces données embrassent la plus grande partie des utilisations d'eau *ex-situ* mais non leur totalité : les utilisations par d'autres usagers non raccordés, pour les voies navigables, par les industries extractives – exhaure des mines – sont souvent exclues. Elles sont en outre sujettes à d'inévitables défauts d'homogénéité quant aux assiettes et aux procédures d'estimation.

La prospective des demandes en eau qui sollicitent le milieu naturel – prélèvements bruts et consommations nettes – peut s'appuyer sur quelques macro-indicateurs *per capita*, eux-mêmes sujets à évolution possible. Aussi a-t-il paru utile de dresser un tableau (tab. 9) des valeurs "actuelles" de ces indicateurs en se référant à des populations aux mêmes dates :

- Demande en eau totale *per capita*
- Consommation nette totale *per capita*
- Demandes en eau sectorielles *per capita* :

– collectivités (alimentation en eau potable des agglomérations),

– industries non desservies,

– centrales thermiques (refroidissement),

– agriculture (irrigation).

Il va de soi que la signification de ces ratios est très sensible à la "taille" (en population) des pays considérés, mais il s'agit moins ici de comparer les pays que de décrire des situations initiales par des indicateurs dont on présume qu'ils ne peuvent évoluer que progressivement.

Tableau 8
Utilisations d'eau dans les pays méditerranéens (années 1980, en km³)

Pays	Demandes en eau globales annuelles*			Demandes en eau annuelles sectorielles				Consommations nettes annuelles sectorielles estimées				Consommation nette annuelle totale (total de 8 à 11)
	Prélèvements en eau superficielle (1)	Prélèvements en eau souterraine (2)	Demande totale (3)	Production d'eau potable (collectivités) (4)	Industries non desservies (5)	Centrales thermiques (refroidis.) (6)	Agriculture (irrigation) (7)	Collectivités desservies en eau potable (8)	Industries non desservies (9)	Centrales thermiques (refroidis.) (10)	Agriculture (irrigation) (11)	(12)
Espagne	39,84	5,41	45,25	5,30	5	~ 5,5	29,4	~ 0,25	~ 0,2	ε	~ 20	~ 21
(Canaries exclues)												
(bassin méd.)	. 9,7	4,1	~ 20	~ 2,7	2,6	~ 2	~ 15	~ 0,13	~ 0,1	ε	~ 12	~ 12,2
France	34,81	6,55	41,36	5,85	4,9	21,3	4,5	0,62	0,24	0,2	3,6	4,6
((bassin méd.)	15	2,2	17,2	1,73	1,19	11,9	2,4	~ 0,2	0,06	0,05	1,7	2
Italie	34,1	12,2	46,35	6,8	6,8	0,54	32,2	1,12	0,7	0,03	~ 13	14,85
Malte	ε	0,018	0,034	0,034	ε	–	ε	0,03	–	–	–	0,03
Yougoslavie	~ 7,8	~ 1	8,77	1,5	3,79	2,8	0,69	0,3	0,38	0,14	0,43	1,25
(bassin méd.)	~ 1	~ 0,5	1,5	0,3	1	0	0,2	0,06	0,1	0	0,12	0,28
Albanie	–	–	2,97	0,61	0,162	–	2,2	0,06	0,008	–	~ 1	~ 1,1
Grèce	4,97	1,98	7	0,75	0,15	0,3	5,75	0,22	0,015	ε	3,5	3,75
Turquie	~ 10,6	~ 5	15,6	3,73	2,9	–	9	0,75	0,3	–	5,4	6,45
(bassin méd.)	~ 4,5	~ 2,2	6,7	~ 1	0,7	–	5	0,12	0,07	–	3,0	3,2
Chypre	~ 0,28	~ 0,1	0,38	0,043	ε	–	0,336	0,004	ε	–	~ 0,25	~ 0,25
Syrie	~ 2,9	~ 2,3	5,2	0,6	0,53	–	4,1	0,06	0,02	–	~ 3	~ 3,1
(bassin méd.)	~ 1,3	~ 0,7	~ 2	0,12	0,44	–	1,5	0,001	0,02	–	~ 1	~ 1
Liban	~ 0,65	~ 0,21	0,86	0,2	ε	–	0,65	0,02	ε	–	0,4	0,42
(bassin méd.)	~ 0,6	~ 0,2	0,8	0,18	ε	–	0,6	0,02	ε	–	0,3	0,32
Israël	~ 0,6	~ 1,2	1,9	0,3	0,1	0	1,5	0,08	0,01	0	1,0	1,1
(bassin méd.)	~ 0,4	~ 1	~ 1,5	~ 0,25	~ 0,05	0	~ 1,2	0,065	0,005	0	0,85	~ 0,92
Egypte	~ 52,4	~ 3,4	59,4	3,7	ε	–	49,7	0,42	0,3	–	~ 38	~ 39
(bassin méd.)	~ 52,4	~ 2,9	55,9							–	~ 37	~ 38
Libye	ε	2,12	2,62	0,72	ε	ε	1,9	~ 0,2	ε		~ 1,5	1,7
(bassin méd.)	ε	1,1	1,6	0,7	ε	ε	0,85	~ 0,2	ε		~ 0,65	0,85
Tunisie	1,06	1,23	2,3	0,23	ε	–	~ 2,1	0,1	ε	–	~ 1,3	1,4
(bassin méd.)	~ 1	~ 1	~ 2			–		0,06			~ 1,2	~ 1,3
Algérie	1	2	3	0,7	0,15	–	~ 2,15	0,2	0,015	–	~ 1,7	~ 1,9
(bassin méd.)	0,65	1,05	1,7	~ 0,6	~ 0,1	–	~ 1	0,13	ε	–	~ 0,7	~ 0,85
Maroc	8	3	11	0,7	0,3	–	10	0,15	0,02	–	6	6,2
(bassin méd.)	~ 0,9	~ 0,2	1,1	0,08	0,05	–	1	0,025	0,005	–	0,55	0,58

* d'après la plus récente des dates disponibles.
Note : la demande totale (col. 3) représente la somme des prélèvements en eau superficielle (col. 1) et en eau souterraine (col. 2), auxquels peuvent s'ajouter, dans certains pays (notamment Malte, l'Egypte et la Libye), les demandes sollicitant d'autres sources d'approvisionnement.

Tableau 9
Utilisations d'eau par habitant dans les pays méditerranéens (années 1980)

	Population (millions d'hab.) (*)	Ratios (m^3/an)					
		Demande per capita (*)	Consom. per capita (*)	Demandes sectorielles per capita (*) Collectivités	Industries	Centrales thermiques	Agriculture
Espagne	38,6	1 175	545	138	130	143	764
(Canaries exclues)							
(bassin méd.)	~ 16	~ 1 250	~ 763	~ 170	162	125	937
France	55,39	747	83	106	88	385	81
(bassin méd.)	13,5	1 274	148	128	88	881	178
Italie	57,2	810	262	120	120	9	563
Malte	0,35	97	–	97	ε	–	ε
Yougoslavie	22,16	396	56	68	171	126	31
(bassin méd.)	~ 2,4	625	117	125	417	0	83
Albanie	3,2	928	345	190	50	–	687
Grèce	9,44	736	387	80	16	ε	610
Turquie	50,66	307	127	73	57	–	177
(bassin méd.)	11,9	567	277	84	59	–	423
Chypre	0,694	548	~ 600	62	ε	–	485
Syrie	12	433	258	50	44	–	342
(bassin méd.)	~ 3,9	513	300	31	113	–	385
Liban**	2,67	322	157	75	ε	–	243
Israël**	4,34	437	255	62	23	0	345
Egypte**	46,7	1 208	814	80	64	–	1 064
Libye	3,6	728	583	200	ε	ε	528
(bassin méd.)	2,3						
Tunisie	7,1	324	204	33	ε	–	295
(bassin méd.)	5,5	~ 364					
Algérie	18,37	163	109	38	8	–	117
(bassin méd.)	15	113	67	40	7	–	67
Maroc	22,1	498	280	32	14	–	452
(bassin méd.)	2,2	500	260	36	23	–	455

* La population prise en compte correspond à celle à la date des données portant sur les demandes et les consommations.
** Les chiffres de population dans le bassin méditerranéen font défaut au Liban, en Israël et en Egypte : les ratios portent donc, dans ces pays, sur le territoire national.

2.1. *Prélèvements par source*

Globalement, les prélèvements d'eau superficielle seraient presque cinq fois supérieurs à ceux d'eau souterraine, ce rapport étant du même ordre au Nord et au Sud. Toutefois les proportions des prélèvements sollicitant chaque source sont assez variables suivant les pays et la part prise aux eaux souterraines est plus forte, voire dominante dans plusieurs pays du Sud : Israël, Libye, Tunisie, Algérie, ainsi qu'à Malte.

2.2. *Utilisation par secteur*

Pour faciliter les comparaisons, le tableau 10 a converti les données sur les volumes de demandes par secteur en pourcentages des demandes totales de chaque pays, qui équivalent aux prélèvements à quelques exceptions près (Egypte, Libye, Israël).

Tableau 10
Demandes en eau sectorielles, en proportion des demandes en eau totales, dans le bassin méditerranéen

Pays (partie dans le bassin méditerranéen)	Production d'eau potable %	Industries non desservies %	Centrales thermiques %	Agriculture (irrigation) %
Espagne	13,5	~ 13	~ 10	75
France	10	7	69	14
Italie	15	15	1	69
Malte	~ 100	ε	ε	ε
Yougoslavie	20	67	0	13
Albanie	20	2	–	74
Grèce	11	2	4	82
Turquie	15	10,5	–	74,5
Chypre	11,3	~ 0,3	–	88,4
Syrie	6	21	–	73
Liban	22,5	ε	–	75
Israël	17	3,5	0	79,5
Egypte	6,5	5,5	–	88
Libye	44	ε	–	56
Tunisie	10	ε	–	90
Algérie	35	6	–	59
Maroc	7,5	4,5	–	88

Note : Les totaux (100 %) sont ceux de la colonne 3 du tableau 8.

– L'agriculture (irrigation) est presque partout le principal préleveur et aussi consommateur, la France et la Yougoslavie faisant seules exception. Globalement les prélèvements agricoles s'élèvent à 62 % du total au Nord, à 93 % au Sud et à 73,2 % pour l'ensemble du bassin. Deux pays prennent à eux seuls une grande part de ces volumes d'eau : l'Egypte et l'Italie, avec respectivement, 41 % et 27 % de tous les prélèvements agricoles, soit 68 % ensemble.

– L'alimentation en eau potable prend des parts assez variées des volumes prélevés dans chaque pays : de moins de 10 % à plus d'1/3. Mais ces productions d'eau pour la desserte des collectivités participent, dans des mesures diverses, à l'alimentation en eau des industries. Globalement, ce secteur doit utiliser de l'ordre de 20 km^3/an dans le bassin – dont les 2/3 dans le Nord – soit 12 % des prélèvements en eau totaux.

– Les prélèvements industriels directs, incomplètement comptabilisés suivant les pays, sont d'importance très différente, en fonction des parts des

demandes en eau industrielles non satisfaites par les réseaux publics, et aussi du fait de bases d'estimations apparemment non homogènes (prise en compte ou non des eaux de refroidissement, agrégation parfois avec les demandes des centrales thermiques). Globalement, ils s'élèveraient à environ 14 km^3/an pour tout le bassin, dont plus des 3/4 dans le Nord.

– Les prélèvements pour le refroidissement des centrales thermiques, enfin, ne seraient notables qu'en France où ils forment la plus grosse part des volumes d'eau utilisés (près de 12 km^3/an en 1986, 69 %), mais des défauts de données faussent sans doute ici les comptes. Néanmoins, en beaucoup de pays au Sud et aussi au Nord (Italie), ce secteur utilise en priorité l'eau de mer, ce qui explique la faiblesse de ses prélèvements d'eau douce.

2.3. *Utilisation par pays*

Les demandes en eau globales de chaque pays sont très inégales, en fonction, non seulement de leur population et de leur niveau de développement socio-économique, mais aussi du poids très variable de l'agriculture irriguée. Les demandes "nationales" s'échelonnent ainsi, dans le bassin méditerranéen, entre plus de 50 km^3/an (Egypte) et moins de 1 km^3/an, les plus faibles étant plafonnées par l'offre (Malte, Israël, Libye...). Deux gros preneurs dominent : au Nord l'Italie avec 45 % des demandes du Nord, au Sud l'Egypte avec 89 % des demandes du Sud, à cause du poids de leurs demandes agricoles. A l'exception de l'Egypte, les pays du Sud se rangent parmi les plus faibles demandeurs, alors que les pays du Nord (mis à part les insulaires : Chypre et Malte) correspondent aux principaux demandeurs.

2.4. *Utilisation par habitant*

Ces ratios, calculés dans le tableau 8 en se référant aux populations contemporaines des dates des statistiques disponibles sur les prélèvements, sont particulièrement instructifs ; dotés d'une certaine inertie, ils peuvent former l'une des bases initiales de la prospective des demandes en fonction des prévisions d'évolution démographique, comme le chapitre 4 le proposera.

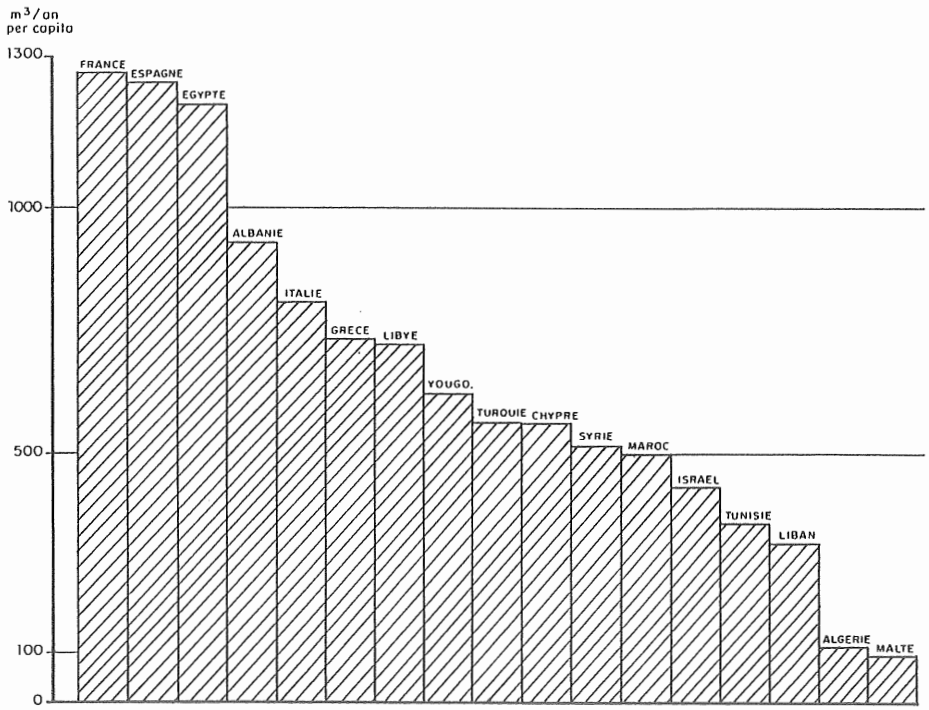
– Les demandes en eau (pour toutes utilisations) *per capita* sont fort inégales dans le bassin puisqu'elles vont de moins de 100 m^3/an (Malte, où la demande est plafonnée par l'offre) à plus de 1 000 m^3/an (Egypte et Espagne, à cause de l'irrigation ; France, à cause du refroidissement des centrales). Assez généralement, cet indicateur croît avec la part de l'irrigation parmi les secteurs d'utilisation, et dépasse 500 m^3/an dans 2 pays sur 3 (fig. 9).

D'après les tableaux 5 et 8, on voit que les demandes en eau totales *per capita* sont du même ordre que les ressources *per capita* en plusieurs pays, ce que montreront aussi les indices d'exploitation ; à cause de l'irrigation, ces demandes *per capita* peuvent être aussi élevées, voire plus fortes, dans certains pays du Sud à ressource en eau limitée, que dans des pays du Nord à ressources abondantes.

– Les consommations finales *per capita* accusent davantage le poids relatif de l'irrigation – utilisation la plus consommatrice – avec des volumes échelonnés entre moins de 100 m^3/an en Algérie et plus de 800 m^3/an (Egypte).

Figure 9

Demande en eau totale actuelle par habitant dans le bassin méditerranéen (années 1980-1990)



Note : Pour l'Egypte, la Libye et Israël, le ratio considéré se rapporte à l'ensemble du territoire national.

2.5. *Sommations*

Toujours en ne prenant en compte que les parties de chaque pays comprises dans le bassin méditerranéen, les sommations des chiffres du tableau 8 donnent les résultats suivants :

	Prélèvements (col. 1 + 2)		Demandes en eau totales (col. 3)		Consommation nette totale (col. 12)	
	(km³/an)	(%)	(km³/an)	(%)	(km³/an)	(%)
Nord	102	62	102,13	60,5	37,6	46,5
Sud	62,5	38	66,60	39,5	43,3	53,5
Ensemble (total arrondi)	165	100	168,70	100	81	100

On voit que le Nord est plus préleveur et moins consommateur que le Sud, mais que les écarts ne sont pas très amples.

3. Comparaisons globales entre les ressources et les utilisations

Une comparaison entre les ressources et les utilisations d'eau (en volume) consisterait à comptabiliser, pour chaque pays – et plus particulièrement pour leurs parties comprises dans le bassin méditerranéen –, les flux d'eau du milieu naturel et ceux du circuit d'utilisation, prises et retours. Présentés de manière standard pour faciliter les comparaisons entre pays, ces comptes seraient un instrument utile pour analyser les situations. Les données disponibles ne permettent cependant pas de les établir dans tous les pays intéressés. Les résultats des comparaisons globales utilisation/ressources peuvent s'exprimer :

– par des ratios adimensionnels (facilitant les comparaisons) constituant des indicateurs globaux : il s'agit d'un indice d'exploitation et d'un indice de consommation ;

– par des soldes : il s'agit du calcul des disponibilités résiduelles.

Les uns et les autres ont été calculés d'après les données des tableaux 5 (ressources) et 8 (utilisations).

3.1. Indices d'exploitation et de consommation

Ces indices (tab. 11) s'adressent ici seulement aux parties des pays comprises dans le bassin méditerranéen et se réfèrent aux dates des statistiques de prélèvement du tableau 8.

– L'indice d'exploitation est le rapport entre les prélèvements en eau totaux et les ressources en eau naturelles globales, apports extérieurs compris (col. 1 + 2 du tab. 8/col. 5 du tab. 5).

– L'indice de consommation est le rapport des quantités d'eau consommées par les usages (c'est-à-dire non retournées au milieu terrestre) aux ressources en eau naturelles globales (col. 12 du tab. 8/col. 5 du tab. 5).

Les résultats indiquent des indices d'exploitation très différents, d'à peine 2 % (Yougoslavie) à plus de 100 % (Israël, Libye). Ils sont appréciables, dépassant 20 %, dans les 2/3 des pays et considérables, au-delà de 50 %, en cinq pays (fig. 10). Les indices de consommation sont évidemment plus faibles, mais aussi variés et encore élevés (plus de 20 %) dans 7 pays. A l'échelle du bassin tout entier, la signification de tels indices est affaiblie par le manque de synchronisme des données sur l'utilisation. Sous réserve des biais qui en résultent, en calculant les ressources sans double compte, ces "macro-indices" seraient les suivants :

	Indice d'exploitation (%)	Indice de consommation (%)
Nord	13,5	7,1
Sud	74,5	51,5
Ensemble	27,0	13,0

Tableau 11
Utilisation actuelle des ressources en eau dans le bassin méditerranéen : indices globaux d'exploitation et de consommation

Pays (dans le bassin méditerranéen)	Date de valeur (année)	Indice d'exploitation (a) %	Indice de consommation (b) %	Part des prélèvements correspondant à un déstockage des réserves souterraines (%)
Espagne	1985	64,3	39,2	1
France	1986	23,2	2,7	0
Italie	1981	24,8	8	
Malte	1989	49	~ 40	
Yougoslavie	1980	1,9	0,4	
Albanie	1989	5,9	~ 2,0	
Grèce	1980	11,8	6,2	
Turquie	1980	10	4,9	
Chypre	1989	42	28	~ 10,5
Syrie	1989	47	12,5	
Liban*	1985	17,4	8	
Israël*	1986	106	~ 90	18
Egypte*	~ 1985	91	~ 66	0,4
Libye	1985	157	121	45,5
Tunisie	1985	64,5	42	0,9
Algérie	1980	15,6	8	ε
Maroc	1985	29	15	ε

* Pour le Liban, Israël et l'Egypte, le ratio considéré se rapporte à l'ensemble du territoire national.
(a) L'indice d'exploitation est le rapport entre les prélèvements en eau totaux et le flux moyen de ressources renouvelables.
(b) L'indice de consommation est le rapport entre la consommation en eau totale et le flux moyen de ressources renouvelables.

Ces indices macroscopiques ont évidemment des significations différentes selon la taille et les structures physique et économique de chaque pays. Les différences de leurs ordres de grandeur sont néanmoins révélatrices de situations contrastées, tant en ce qui concerne le degré de maîtrise des eaux que celui des tensions entre demandes et ressources en eau, en moyenne. Dans le même temps, des écarts de situations locales ou conjoncturelles (années sèches...) y sont nivelés, ce qui peut masquer des situations critiques localisées ou temporaires.

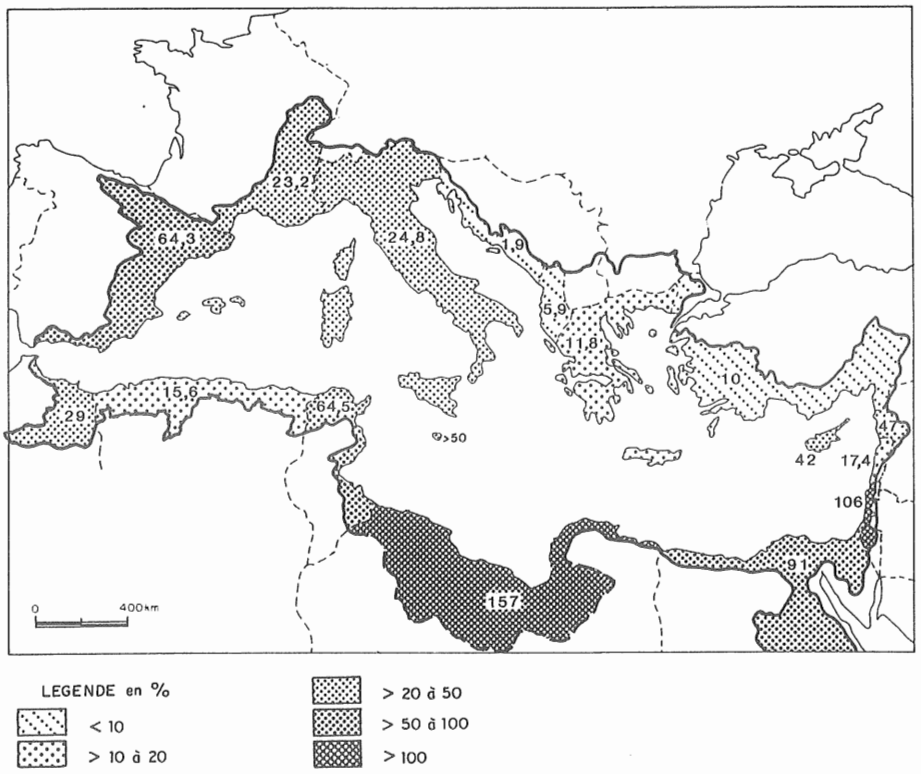
A l'échelle nationale, un indice d'exploitation dépassant 20 % est considéré comme révélateur de tensions déjà appréciables, au moins dans certaines régions, y compris au plan des qualités des eaux, puisque les retours d'eau usée croissent avec les prélèvements (surtout ceux des secteurs "collectivités" et industries). Au-dessus de 50 %, ce sont des macro-indicateurs appelant impérativement à une gestion plus collective et volontariste des eaux. Un indice d'exploitation qui approche, voire dépasse 100 %, n'est cependant pas nécessairement un indicateur de pénurie ni de "surexploitation" globale des ressources, du fait des "remobilisations" de mêmes volumes d'eau, surtout s'il

s'agit d'un grand pays à bassins étendus où les activités utilisatrices d'eau peuvent être réparties dans l'espace de manière séquentielle. Inversement, des indices inférieurs à 100 % n'excluent pas la possibilité de surexploitations locales, notamment de déstockage de réserves d'eau souterraine dans le pays : le tableau 11 en montre des exemples. Bien entendu, d'amples exploitations de telles réserves peuvent contribuer à élever l'indice d'exploitation globale et à expliquer que celui-ci dépasse 100 %, comme en Libye par exemple.

Des indices de consommation très élevés, quant à eux, sont bien des indicateurs de pénurie probable – au moins conjoncturelle – dans certaines régions du pays. Ils sont révélateurs de la nécessité de bien gérer les demandes en eau et de recourir aux ressources en eau non conventionnelles.

Figure 10

Indices d'exploitation des ressources en eau renouvelables dans le bassin méditerranéen (années 1980)



3.2. *Disponibilités*

Toujours à l'échelle globale, les soldes d'utilisation (= flux de ressource théorique moins prélèvements ou consommations) ont la signification de disponibilités résiduelles. Celles-ci sont apparentes si elles résultent de la soustraction des prélèvements du fait des remobilisations effectives ou possibles à l'avenir, ou absolues si ce sont les consommations finales qui sont

soustraites. C'est donc à ces disponibilités actuelles qui se réfèrent aux flux de ressources renouvelables "naturelles" totales, qu'il conviendra en principe de comparer les demandes supplémentaires futures.

Le tableau 12 indique les soldes calculés pour chaque pays, toujours dans le seul bassin méditerranéen. On voit qu'ils sont très faibles dans les pays du Sud déjà signalés par de forts indices d'utilisation, et nuls ou quasi nuls en 3 pays (Malte, Israël, Libye).

Tableau 12
Soldes d'eau disponibles dans le bassin méditerranéen (km^3/an)

Pays (dans le bassin méditerranéen)	Date de valeur (année)	Solde d'exploitation (a)	Solde de consommation (b)
Espagne	1985	11,1	18,9
France	1986	58,8	72
Italie	1981	140,7	~ 172
Malte	1989	0,019	0,02
Yougoslavie	1980	76	77,2
Albanie	1989	47	~ 49
Grèce	1980	51,7	55
Turquie	1980	~ 60,3	~ 63,7
Chypre	1989	0,52	0,65
Syrie	1989	2,1	3,5
Liban*	1985	4,08	3,7
Israël*	1986	0	0,08
Egypte*	~ 1985	5,4	~ 19
Libye	1985	0	0
Tunisie	1985	~ 1,1	~ 1,8
Algérie	1980	9,2	9,9
Maroc	1985	2,7	3,2

* Pour le Liban, Israël et l'Egypte, le ratio considéré se rapporte à l'ensemble du territoire national.
(a) Le solde d'exploitation est la différence entre les ressources théoriques et les prélèvements.
(b) Le solde de consommation est la différence entre les ressources théoriques et les consommations finales.

4. Impacts sur les qualités des eaux

Les données statistiques sur les qualités des eaux sont beaucoup plus pauvres que celles relatives aux volumes et, de plus, ce sujet se prête beaucoup moins à des quantifications macroscopiques significatives compatibles avec les données volumétriques globales.

Aussi doit-on se limiter aux données sur les facteurs d'impact sur les qualités des eaux, dans la mesure où ils peuvent être chiffrés et sommés à l'échelle voulue. Ces facteurs sont des indicateurs des "demandes" sollicitant les qualités des eaux du milieu en aval des usages, mais ils ne sont pas reliables de façon simple et invariante aux changements de qualité résultants.

Le tableau 13 réunit quelques données chiffrées, qui valent surtout par leurs ordres de grandeur. Il s'agit :

– des quantités d'eau retournées au milieu après usages, en n'incluant pas celles déversées en mer mais seulement celles restituées aux eaux continentales du bassin (col. 1), seuls facteurs d'impact sur ces dernières. Ces restitutions globales sont très inégalement composées d'eaux usées des collectivités et des industries, d'eaux de drainage et de collature des périmètres d'irrigation, et des retours d'eau des circuits de refroidissement des centrales thermiques ; les unes et les autres sont très différemment chargées de matières polluantes. Aussi convient-il de compter à part les premières, facteurs les plus appréciables de pollution (col. 2).

– des flux de matières, issus des rejets, déversés en mer principalement par les cours d'eau, présumés équivalents aux quantités reçues par ceux-ci dans le bassin méditerranéen, minimales pour ce qui concerne les matières oxydables (MO) suite aux effets de l'"autoépuration" (col. 3 et 4). Toutefois, les données à ce sujet font défaut, notamment pour la plupart des pays du Sud ;

Tableau 13
Quelques indicateurs d'impact sur les qualités des eaux du bassin méditerranéen

Pays (dans le bassin méditerranéen)	Rejets d'eaux usées dans les eaux continentales		Rejets de matières, déversés en mer par les cours d'eau et par les émissaires		Rejets d'origine industrielle apportés à la mer par les cours d'eau (1975, PNUE/MED X)		Masse totale d'engrais apportée aux terres cultivées du bassin (FAO 1986)
	(1) total	(2) dont eaux usées des collectivités et industries	(3) MO	(4) Phosphore	(5) DCO	(6) MES (charges solides)	
	(km^3/an)	(km^3/an)	(1 000 T/an)	(1 000 T/an)	(1 000 T/an)	(1 000 T/an)	(1 000 T/an)
Espagne	2,14	~ 1	130	5,9	949	270	488,6
France	11,4	1,36	360	16	304	45	533
Italie	11,4	7,7	400	18	1 452	1 591	2 905,2
Malte	ε	ε	8	0,32	26	3,5	0,9
Yougoslavie	0,72	0,7	17,8	0,8	76	44	381,8
Albanie	0,11	0,11	–	–	–	–	159,1
Grèce	~ 1,13	~ 0,26	100	4,5	584	192	149,5
Turquie	1,45	0,95	100	4,5	286	54	602,5
Chypre	ε	ε	9,6	0,43	67	10	23,15
Syrie	0,1	ε	6,5	0,26	–	–	6,86
Liban	0,1	ε	31,25	1,25	–	–	35,7
Israël	0,25	0,13	32	1,4	16	9	91,5
Egypte	13,65	3,65	–	–	5 136	9 881	873,4
Libye	0,21	0,13	–	–	6	2,5	90,3
Tunisie	0,3	0,08	–	–	0,9	1 498	31,4
Algérie	0,36	0,26	–	–	7	5,7	60,6
Maroc	0,21	0,11	–	–	1,4	0,7	22,4
Sous-total N (avec îles)	28,5	12,15	~ 1 125	~ 50,5	~ 3 744	~ 2 210	5 244
Sous total S	15,1	4,4	–	–	~ 5 170	~ 11 397	1 212
Total	43,6	16,55	–	–	~ 8 910	~ 13 607	6 456

ε = < 0,1 m^3/an.

– des flux de matières associés aux rejets d'eau usée industrielle, transportés à la Méditerranée par les cours d'eau, mais calculés seulement pour une partie du bassin (régions ou provinces côtières) donc approchés par défaut (col. 5 et 6) ;

– des flux de matières associés aux activités agricoles, soit comme intrants (ensemble des engrais apportés aux cultures), dont une partie est présumée atteindre les eaux souterraines ou superficielles (col. 7).

Les flux de retours d'eau calculés sont presque trois fois plus grands au Nord (73 % du total) qu'au Sud. Parmi les flux restitués à l'échelle nationale, les plus importants sont composés en très forte proportion soit de retour d'eau d'irrigation (Egypte, Italie), soit de retour d'eau des centrales thermiques (France). Les flux d'eau usée sont moins inégaux selon les pays ; ils sont cependant, au Nord, triples de ceux du Sud.

Pour mieux caractériser le facteur de pollution correspondant à ces flux d'eau usée, il serait souhaitable de les pondérer par leur proportion relativement "épurée" avant retour au milieu. Mais les données directes à ce sujet manquent dans la plupart des pays et on sait à quel point ces proportions peuvent être diverses, même en s'en tenant aux pays du Nord. Dans les pays du Sud on peut les présumer très faibles pour la plupart.

Pour rendre plus significatifs ces indicateurs d'impact, les flux d'eau usée émis doivent être rapportés aux flux de ressource "naturelle" récepteurs, et de préférence aux flux de "ressource régulière" (col. 10 du tab. 5), ce qui est plus pertinent que de les comparer aux flux totaux. Ces ratios sont eux-aussi assez variés. Ils atteignent ou dépassent 10 % dans 6 pays, avec un maximum (31 %) en Italie, résultat à la fois de la faiblesse relative des ressources régulières et de la proportion plus élevée que dans la plupart des autres pays d'émission d'eaux usées intérieures plutôt qu'en mer (moindre part d'urbanisation littorale).

Est-il nécessaire de rappeler combien des rapprochements aussi globaux ne peuvent apporter que des indications très grossières, donc de validité discutable, sur les présomptions d'impacts réels sur les qualités des eaux ? Ceux-ci ne peuvent se produire et s'observer qu'à des échelles locales.

Chapitre

III.

Les bases d'une prospective et le poids de la démographie

Un tissu complexe de relations et d'interactions lie les eaux du milieu naturel et les activités humaines. Ces relations dynamiques sont de plusieurs ordres et leur analyse conduit à parcourir toute l'économie de l'eau. Il s'agit notamment des couples de relations suivants :

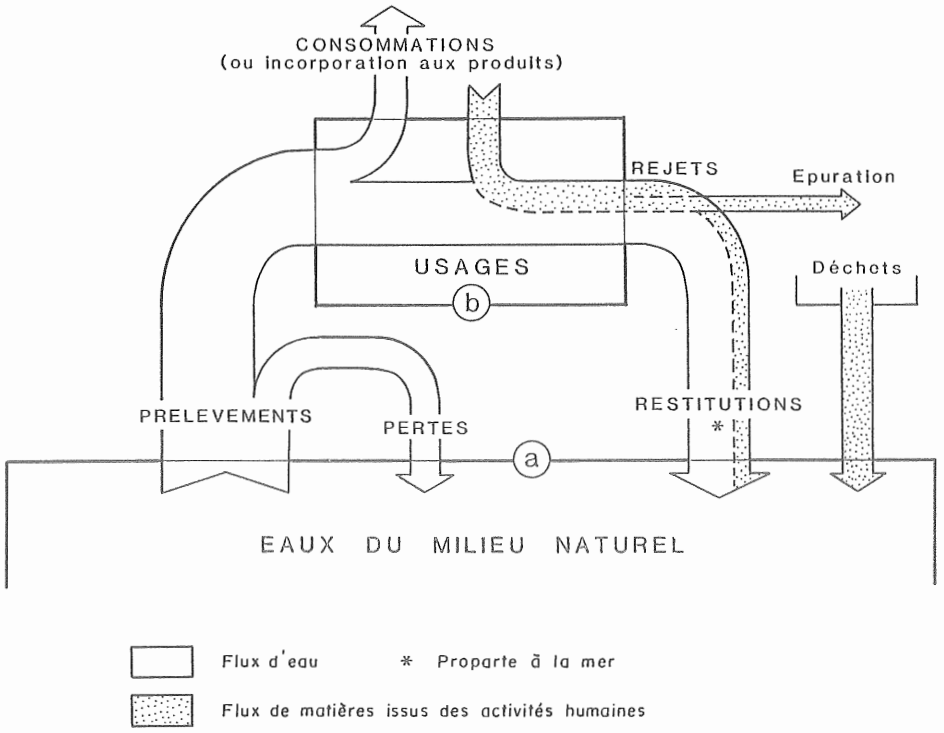
– matière première (flux et stock)	/	exploitation
– espace et/ou milieu aquatiques	/	utilisations *in situ* (transports, nautisme, pêche, défense...).
– milieu récepteur et évacuateur	/	déversement direct d'eaux usées et de déchets, génération de facteurs indirects de pollutions
– puissance hydraulique	/	utilisation énergétique
– système d'écoulement naturel	/	influence sur le régime, artificialisation, occupation d'aires submersibles
– milieu hostile, obstacle, élément gênant l'utilisation de l'espace (sol et sous-sol)	/	neutralisation, élimination (mise hors d'eau, assainissement des terres...)
– menaces d'inondation	/	prévention et protection
– paysage aquatique	/	utilisation culturelle, valorisation de site.

Cette brève énumération de couples fait ressortir la variété des rôles de l'eau dans la nature, tout comme celle des demandes humaines qui les sollicitent. Mais tandis que ces dernières émanent d'acteurs séparés et ne s'intéressent chacune qu'à un rôle particulier sans échelle de valeurs commune avec les autres, les eaux du milieu naturel forment un tout dont les potentia-

lités et les sensibilités sont interdépendantes. C'est l'unité des systèmes d'eau naturels qui solidarise les diverses sollicitations humaines et peut conduire à des "conflits d'usage" ou à des antagonismes entre les utilisations et les états du milieu.

Dans ce réseau de relations, un rôle majeur est joué par les connexions entre les structures naturelles de circulation et de retenue des eaux et les structures artificielles des circuits d'utilisation d'eau, où les prises et les retours d'eau se rejoignent (fig. 11).

Figure 11
Schéma général de circuit d'utilisation d'eau



(a) et (b) désignent les deux niveaux auxquels se réfèrent les demandes.

1. Inventaire des interactions

Un inventaire plus analytique des interactions entre les activités humaines et les eaux du milieu peut être dressé en les classant, d'une part suivant les principaux secteurs d'activité (agriculture, industrie, énergie, tourisme, transports), en commençant par les populations elles-mêmes et leur agglomération par l'urbanisation, et d'autre part suivant les principaux paramètres d'état des eaux du milieu qui définissent leurs potentialités et leurs sensibilités : paramètres aussi bien quantitatifs (flux, stock, structures et régimes) que qualitatifs (qualités du milieu aquatique et des ressources). Le

tableau 14 résume ces interactions sous forme de matrice, en soulignant les assujettissements des activités humaines aux conditions physiques des eaux du milieu et aux rétroactions des impacts sur ces activités : en somme les coups et les contre-coups.

Tableau 14
Eau et développement : contraintes et rétroactions

Eau Milieu/Ressource \ Activités	Urbanisation et tourisme	Agriculture	Industrie
Quantité d'eau			
Flux — Excès (aléas)	Dommages des inondations. Incidences de la suralimentation des nappes souterraines par les fuites des réseaux d'eau potable sur l'assainissement.	Dommages des inondations. Erosion des sols. Lessivage excessif des sols.	Dommages des inondations.
Flux — Manques (aléas, sécheresse, raréfaction)	← Pénuries → Nécessité de recours à des sources d'approvisionnement complémentaires		
Stock	Epuisement de ressources non renouvelables (baisses ou arrêt de productions d'eau), – eau souterraine –. Surcoûts d'exploitation croissants (eau souterraine). Pertes de capacité de réservoirs d'accumulation (envasement). Préjudices d'abaissement de nappe souterraine (affaissements du sol).	Préjudices d'abaissement ou de relèvement de nappe souterraine.	
Structure et régime	Pertes de productivité de captages d'eau souterraine riverains de cours d'eau suite à des transformations de leur régime ou des déplacements de leur cours, ou après vidange de réservoir amont.		
Qualité des eaux continentales			
Conditions naturelles	Insalubrité, risques sanitaires.	Salinisation de sols, notamment irrigués, perte de fertilité.	Nécessité de traitements correcteurs.
Eau : vecteur de maladies hydriques	Nécessité de traitements de potabilisation.		
Défauts			
Dégradation, pollution	Risques sanitaires. Pollution chronique : surcoût de traitement, ou changement de source d'approvisionnement. Pollution accidentelle : arrêt d'alimentation en eau potable. Eutrophisation de lacs ou retenues.	Risque de pollution de sols irrigués. Dégradation de production piscicole.	Nécessité de traitements correcteurs complémentaires

Note : Dans le secteur de l'énergie, le manque de ressource en stock, du fait d'aléas, sécheresse ou raréfaction, conduit à une situation de pénurie ; dans le secteur des transports, l'excès de flux d'eau peut conduire à des dommages matériels et humains lors d'inondations.

Les effets des aléas naturels, aussi bien que les contre-coups des influences et impacts subis par les eaux continentales atteignent surtout les populations – leur approvisionnement en eau et leur habitat – et le secteur de l'agriculture, tant au plan des quantités que des qualités des eaux (pollution).

Les dommages des inondations ne sont pas assimilables à ceux de catastrophes naturelles indépendantes de toute décision humaine, puisqu'ils sont d'abord fonction du mode d'occupation et de valorisation des zones submersibles (selon des fréquences appréciables), dont les limites sont connues.

Les pénuries d'eau conjoncturelles n'affectent pas simultanément, ni au même degré, tous les secteurs d'utilisation, dans la mesure où les saisonnalités des demandes de plusieurs d'entre eux ne sont pas synchrones. De même, face aux aléas des crues, les disponibilités de capacité nécessaires pour stocker les volumes d'eau apportés ne sont pas requises aux mêmes périodes de l'année, selon que l'objectif prioritaire est la prévention des inondations, l'irrigation ou la production hydroélectrique.

La prévention des risques sanitaires "naturels" liés à l'eau a motivé des aménagements (notamment par assainissement de marais insalubres), en partie seulement conciliables avec la conservation des ressources et des milieux aquatiques.

Les dommages des diverses pollutions des eaux entraînent des coûts économiques et sociaux et des dégradations de patrimoine qui ne correspondent pas nécessairement aux charges de réparations ou de substitutions.

2. Structure des demandes et des offres et systèmes d'utilisation d'eau

Pour analyser le "système-eau" compris comme système de relations entre les "activités de développement" et l'élément-eau de l'environnement, il convient de décrire les principales chaînes ou filières de demande et d'offre qui relient les variables de décision des activités relatives à l'eau aux variables d'état de l'eau du milieu. Cela implique une compréhension claire de la manière dont ces demandes et offres, et leurs enchaînements, sont conditionnés par la structure des systèmes d'utilisation d'eau.

Cette analyse de système doit considérer à la fois :

– les "demandes" relatives à l'eau nécessitées ou induites par les différentes activités et leurs résultats sur l'état de l'eau dans l'environnement, en tant que ressource offerte et aussi comme milieu ;

– les rétroactions de ces modifications d'état sur les activités, du fait des modifications des offres qu'elles peuvent déterminer, tout particulièrement en cas de "conflits d'utilisations", notamment par les adaptations des demandes que l'anticipation de ces incidences prévisibles pourrait rendre opportunes ou nécessaires, selon les politiques de protection de l'environnement et de conservation de ressources choisies.

Pour ce qui concerne plus particulièrement les utilisations qui détournent l'eau du milieu naturel (utilisations *ex-situ*) (fig. 11), une analyse pertinente du "système-eau" devra prendre en compte :

– les deux "volets" des demandes qui sollicitent le milieu, en "exploitant la ressource" offerte, respectivement en amont et en aval des usages : prélève-

ments et exigences de qualités en amont, restitutions et demandes d'assimilation en aval ; ceci correspond à une dualité d'offre des eaux du milieu naturel : ressource en eau "matière première" en amont, milieu récepteur et évacuateur en aval.

– les deux niveaux de demande dans chaque volet : celui qui correspond directement aux actes d'usage, donc aux usagers (a) et celui qui se rapporte aux actes sollicitant l'eau du milieu (b) ; ces deux niveaux sont parfois confondus mais le plus souvent distincts du fait de l'intervention d'acteurs et de structures intermédiaires. Celles-ci déterminent en effet deux niveaux d'offre de natures différentes : l'offre du milieu naturel sollicité (b) et l'offre des intermédiaires aux usagers (a).

Si le niveau (b) est bien celui qui importe le plus du point de vue des effets des utilisations sur la ressource et l'environnement, le niveau (a) est celui des principaux paramètres de décision qui déterminent les changements des échanges et interactions au niveau (b).

Dans un système-eau, les demandes qui sollicitent le milieu naturel (niveau b) respectivement en amont et en aval des usages ne sont pas toujours compatibles et peuvent se contrarier : cet aspect classique de la tension entre les activités de développement et l'élément-eau de l'environnement est souvent exprimé par la dissociation artificielle des problèmes "de ressource" et "de pollution".

Selon les scénarios de développement, deux sortes de différences pourraient advenir :

– plus ou moins de compatibilité entre les demandes amont et aval des usages ;

– plus ou moins de disjonction entre les évolutions des demandes aux niveaux (a) et (b), par volonté et/ou nécessité de réduire des tensions entre les activités et l'environnement.

3. Facteurs déterminants des demandes

Les différentes demandes qui émanent des principaux secteurs d'activité et sollicitent finalement les eaux du milieu naturel en amont et en aval des usages, sont déterminées chacune par des variables exogènes assez spécifiques, récapitulées dans le tableau 15.

Il convient de ne pas dissocier les aspects "quantité" et "qualité" des interactions entre les activités utilisatrices d'eau et le milieu naturel. Les demandes en eau "à utiliser", y compris *in situ*, s'expriment certes en termes de quantités (flux ou volume) et de qualités requises par les usages et plus ou moins formalisées par des normes de qualité, qui peuvent se répercuter sur la ressource à évaluer de ce point de vue (par exemple en qualité que l'eau du milieu doit offrir pour être apte à la potabilisation). C'est cependant en aval des usages que les utilisations d'eau affectent le plus les qualités des eaux du milieu par leurs rejets et les retours qui s'ensuivent, porteurs de flux de matières. Il est classique de dire qu'un volume d'eau usée restituée au milieu peut rendre impropre au même usage (ou à d'autres) un volume d'eau beaucoup plus grand...

Tableau 15
Facteurs déterminants des demandes en eau suivant les secteurs d'utilisation

Types et niveaux de demande / Secteur d'activité	Amont des usages		Aval des usages	
	Niveau (a) Approvisionnement	Niveau (b) Prélèvement	Niveau (a) Rejet	Niveau (b) Restitutions, retours d'eau + émissions
Collectivités	Population (évolution démographique). Facteurs de demande per capita ("besoins", tarifications). Taux d'urbanisation.	Taux de desserte (urbaine, rurale). Taux de perte de distribution	Population. Taux de consommation d'eau par les usages, charge rejetée per capita (habitant-équivalent). Taux d'urbanisation	Taux de raccordement. Taux de fuite des réseaux collecteurs. Taux d'efficacité des traitements d'épuration. Proportion des effluents finaux déversés en mer.
Tourisme	Surplus de population saisonnière (nombre de nuitées). Facteurs de demande par nuitée.	Taux de desserte spécifique.	Surplus de population saisonnière (+ id. supra)	Taux de raccordement spécifique (+ id. supra)
Industrie (avec secteur tertiaire)	Emplois (indicateurs de production par branche et facteurs de demande par unité de produit, par branche).	Taux de desserte ou d'auto-approvisionnement Taux de recyclage interne.	Taux de consommation par les usages. Charge rejetée par branche et par unité de produit.	Taux de raccordement. Taux de traitement d'épuration interne. Proportion des effluents finaux déversés en mer.
Agriculture	Superficie irriguée. Proportion des différents modes d'irrigation. Facteurs culturaux des demandes/ha. Proportion des besoins en eau des cultures à satisfaire par l'irrigation (en moyenne). Coefficient multiplicateur si nécessité de lessivage contre salinisation.	Proportion desservie ou auto-approvisionnée. Taux de pertes de transport. Taux de perte par évaporation des flux accumulés. Taux de réutilisation d'eau de drainage ou d'eaux usées affectées à l'irrigation.	Taux d'efficience (consommation par les cultures). Superficie cultivée et fertilisée. Doses d'engrais à l'ha. Taux de consommation des engrais par les cultures.	
Energie thermo-électrique	Quantité produite (kWh) Proportions produites avec réfrigération par circuit ouvert ou circuit fermé. Proportions produites avec réfrigération utilisant l'eau douce continentale ou l'eau de mer.		Quantité produite (kWh) Taux de consommation (évaporation) ← proportions – id – ci-contre	

Dans l'optique de la prospective des tensions possibles entre développement et environnement, les pronostics d'état des eaux du milieu en qualités, notamment en tant que "ressource en qualité", prennent une importance particulière. Aussi une attention spéciale est à porter aux demandes qui sollicitent les qualités des eaux du milieu en aval, et qui ne consistent pas seulement en retours d'eau usée.

Dans la chaîne qui relie les activités humaines, à l'aval, aux variables de qualité des eaux dans le milieu, deux niveaux de problèmes sont à distinguer :

(a) celui des **actions**, dans la filière rejets-restitutions d'eau usée ou par d'autres sortes de rejets dans l'environnement (déchets, excédents d'engrais et de pesticides, etc.) ;

(b) celui des **réactions**, des réponses du milieu, qui dépendent de ses propres conditions.

Ni l'un, ni l'autre ne se prêtent facilement à des globalisations à l'échelle macroscopique.

• **Au niveau des actions**, c'est-à-dire des facteurs d'impact sur les qualités des eaux, se posent d'abord des problèmes de connaissance. Des statistiques globales chiffrant des flux de rejets ou d'émission de matières "polluantes" élémentaires (N, P...) ou agrégées (DBO, DCO, MES...) :

– ne sont pas disponibles dans tous les pays méditerranéens, ni établies de manière assez homogène ;

– ne sont pas reliables de la même manière, selon les pays, à des indicateurs plus généraux (population urbaine, rurale ; emplois ou productions industrielles, comme par exemple l'indicateur "habitant-équivalent" utilisé en France) qui faciliteraient leur projection ;

– ne se rapportent pas, de toute façon, à toutes les variables de qualité ni à tous les faits polluants.

Les mêmes défauts affectent les estimations de "résultats" d'action de lutte contre la pollution confondues avec celles de ses facteurs : progression ou non des actions d'épuration d'eau usée, exprimées en terme de "pollution retirée" (au sens de diminution des flux de matières déversées dans le milieu, par rapport aux rejets des usagers).

Il n'est est pas moins intéressant de dresser des bilans de flux de matière du type : rejets moins épuration = déversement ou émission dans le milieu. De tels bilans sont encore rares et loin d'être établis de manière homogène et comparable entre les différents pays. Aussi, pour approcher globalement la réalité des émissions atteignant les eaux du milieu, les supputations théoriques sont-elles beaucoup plus réalisables que des inventaires.

• **Au niveau des réactions**, le milieu naturel – continental comme marin – n'est pas un grand réceptacle où toutes les eaux se mélangent, où les retours d'eau et leur charge influencent plus ou moins l'ensemble. Tout comme les filières d'utilisation, les systèmes naturels d'eaux continentales sont structurés et cloisonnés, dotés de capacités de régénération et d'inerties très variées, donc très diversement sensibles à des atteintes aux qualités de leurs eaux. Les localisations des jonctions entre les structures du milieu et celles des utilisations (points de prise et de restitution tout particulièrement) – ainsi que les

modulations dans le temps des flux respectifs – ont donc une incidence primordiale sur les degrés de rétroaction des unes sur les autres, autrement dit de gêne mutuelle des deux sortes de demandes en qualité qui sollicitent le milieu naturel, déjà rappelées :

– demande en eau de qualité voulue pour des usages définis,

– demande d'assimilation et d'autoépuration ou de dissémination des déchets apportés avec l'eau usée retournée.

Les impacts des activités humaines sur les qualités des eaux se définissent donc localement et même les "pollutions diffuses" ne sont pas uniformes. Aussi ces impacts ne sont-ils pas révélés de manière significative par les indicateurs statistiques de qualité des eaux du milieu, basés au surplus sur des échantillonnages insuffisamment représentatifs et non homogènes.

Il n'est alors pas possible, hormis à l'échelle locale, de quantifier une relation entre l'évolution des qualités des eaux du milieu – même réduites à quelques variables – et l'évolution des flux de matières déversées, ni par conséquent entre la progression (ou la stagnation) des actions "anti-pollution" et des efforts d'épuration d'une part, et leurs résultats sur l'état des eaux dans le milieu naturel d'autre part. Il est seulement admissible que ces progrès et ces efforts doivent avoir des effets globalement positifs, ce qui est plausible mais demeure une pétition de principe. Il faut donc se garder de la tentation répandue de substituer la mesure (notamment financière) des efforts à celle des résultats qui ne sont rien moins que proportionnels...

4. Spécificités méditerranéennes de l'économie de l'eau

Les conditions physiques particulières du milieu méditerranéen, aussi bien que les caractères propres des utilisations d'eau dans le bassin, donnent aux diverses interactions entre les activités humaines et l'eau, à l'économie de l'eau méditerranéenne au sens le plus large, des tonalités très spécifiques. En voici les principales.

(1) Le relief vigoureux, dans la plus grande partie du bassin, offre de multiples possibilités d'aménagements de maîtrise des eaux, notamment de réservoirs d'accumulation (dont la pérennité n'est cependant pas assurée en raison des envasements) ; mais il cloisonne les territoires en nombreux bassins indépendants petits et moyens entre lesquels les transferts visant à mieux relier les ressources et les demandes sont malaisés. De tels transferts sont néanmoins possibles en quelques cas, notamment dans les plaines côtières.

(2) Du fait de ces structures hydrographiques, morcelées en nombreux bassins adjacents plutôt que composées de grands systèmes hiérarchisés et convergents, l'organisation des systèmes d'utilisation est relativement peu séquentielle – à quelques grandes exceptions près : vallée du Nil, bassins du Rhône et du Pô... Cela rend les utilisations locales moins interdépendantes mais limite aussi les remobilisations d'eau d'amont en aval, donc rend les prélèvements plus additifs. Cela minimise aussi le nombre des cas de rétroactions des impacts des retours d'eau sur les qualités des eaux, donc des conflits d'usage entre amont et aval de ce point de vue.

(3) Peu de bassins assez importants sont partagés par le jeu des frontières d'Etat – mis à part le cas majeur du Nil – posant des problèmes de communauté de ressources et de transferts d'impacts des utilisations entre plusieurs pays méditerranéens.

Néanmoins quelques cas ne sont pas accessoires (fig. 8) :

– Vardar-Axios entre Yougoslavie et Grèce
– Struma-Strumon et Mesta-Nestos entre Bulgarie et Grèce
– Evros-Ergene entre Bulgarie, Grèce et Turquie
– Orontes entre Liban, Syrie et Turquie.

(4) L'irrigation a presque partout un poids prédominant dans l'ensemble des demandes en eau, mais avec des variations sensibles selon les parties du bassin : variabilité interannuelle plus grande au Nord où l'irrigation est plus complémentaire des apports pluviaux qu'au Sud ; coexistence de modes d'irrigation traditionnels et modernes, d'où résultent des demandes en eau unitaires assez différentes. L'importance des utilisations agricoles amplifie la consommation finale de l'ensemble des volumes d'eau prélevés.

(5) L'activité touristique engendre une forte demande de pointe saisonnière, largement concomitante avec celle des irrigations et greffée sur la demande en eau potable des collectivités.

(6) En conséquence du poids de leurs composantes agricole et touristique, les demandes en eau sont sujettes à une forte saisonnalité, inverse de celle des écoulements d'eau de surface, ce qui accentue les tensions entre les utilisations et les ressources en saison estivale et motive un développement poussé des aménagements de stockage et de régularisation.

(7) La faiblesse assez générale des écoulements en saison d'étiage amplifie les impacts relatifs des déversements d'eau usée dans les eaux superficielles, précisément pendant les demandes de pointe (tourisme), ce qui requiert des efforts tout particuliers d'assainissement et d'épuration. Ce problème est exacerbé dans les zones semi-arides du Sud sans cours d'eau permanents et partout en année de sécheresse.

(8) La concentration sur le littoral d'une urbanisation croissante, des activités touristiques et d'une part notable des terres irriguées, accumule dans cette zone des demandes d'approvisionnement en eau bien supérieures aux ressources locales, alors que ses impacts tendent à les réduire. Outre l'amplification des conflits d'usage que cet encombrement entraîne, il émane du littoral une forte attraction sur les ressources en eau de l'arrière-pays, parfois de la totalité des bassins amont, sans contrepartie de retours d'eau usée du fait de leur déversement en mer. A contrario, l'urbanisation et la densification de l'occupation du littoral ont des effets négatifs sur les ressources en eau locales : artificialisation des cours d'eau, appauvrissement et pollution de nappes souterraines. Le littoral tend à accaparer et à consommer une large part des ressources en eau du bassin, tandis qu'il perd une partie de ses ressources propres. Cette attraction peut même s'étendre au-delà du bassin, en mettant à profit des possibilités de transfert d'eau de l'extérieur offertes en plusieurs pays (Espagne, Israël, Libye), ce qui agrandit en somme le champ du système d'utilisation d'eau méditerranéen par rapport à celui du système naturel de ressources.

(9) Par ailleurs l'urbanisation du littoral engendre en sous-produit, par les rejets d'eau usée collectée qui s'y concentrent, une ressource en eau secondaire appréciable dont la réutilisation, encore minime, pourra se développer à l'avenir – notamment pour atténuer les conflits d'usage entre les demandes urbaines et agricoles – avec un effet induit bénéfique pour le milieu marin récepteur.

(10) Les nombreuses îles méditerranéennes de petite ou moyenne étendue sont aussi le siège de fortes tensions entre les demandes et les ressources en eau locales, sans que l'on puisse en général faire appel aux ressources continentales, trop lointaines pour réaliser des importations. Aussi ce sont les sites les plus voués au développement des "ressources en eau non conventionnelles", à commencer par le dessalement d'eau de mer.

(11) La grande irrégularité des régimes d'écoulement des cours d'eau méditerranéens et l'intensité des crues entraînent des menaces d'inondations sérieuses dans beaucoup de vallées et de basses plaines. La protection contre ces risques tient une place notable parmi les objectifs d'aménagement des eaux dans la plupart des pays méditerranéens.

(12) Dans beaucoup de basses plaines méditerranéennes, notamment sur le littoral, des zones humides ou marécageuses incultes et/ou insalubres ont été ou sont encore l'objet d'opérations d'assainissement des terres (drainage) pour récupérer des espaces utilisables par l'agriculture ou l'urbanisation, ce qui ne va pas sans impact sur les écosystèmes aquatiques. La préservation de ceux-ci peut au contraire imposer des contraintes à ces aménagements du territoire.

(13) L'hydroélectricité a une incidence très variable sur l'aménagement des eaux ; elle est relativement concentrée dans les bassins alpins de France et d'Italie, mis à part le cas particulier du barrage d'Assouan sur le Nil.

(14) L'intensité de l'érosion des sols et des transports de sédiments par les crues dégrade assez rapidement la capacité des réservoirs d'accumulation : elle fragilise à long terme leur fonction régulatrice, donc les utilisations qui en sont tributaires (irrigation, hydroélectricité...) aussi bien que la protection contre les inondations.

(15) Des connexions directes entre les filières d'utilisation et la mer sont notables pour :

– les prélèvements en eau pour le refroidissement (centrales thermiques) ;

– le déversement direct des eaux usées des collectivités et des industries du littoral, parfois des eaux d'exhaure de mine. Cela allège d'autant la charge de matières apportée aux eaux douces continentales, mais cela accroît la consommation finale en volume d'eau.

(16) A l'avenir la mobilisation et l'utilisation de l'eau auront, dans beaucoup de pays méditerranéens, un coût énergétique croissant : pompages de transfert, dessalement...

5. Les scénarios du Plan Bleu et l'eau

Elément primordial de l'environnement, l'eau est concernée au premier chef par des scénarios conçus pour explorer les avenirs possibles des tensions ou des compatibilités entre le développement et l'environnement.

Aux différents scénarios méditerranéens du Plan Bleu (annexe 5) correspondent à la fois des croissances économiques différentes – entre les scénarios tendanciels (T1, T2 et T3) – et des politiques de l'environnement différentes – entre scénarios tendanciels T et scénarios alternatifs A –, ainsi que des différences de degrés de coopération N-S et S-S – variantes entre scénarios alternatifs A1 et A2 –.

Les différences entre les scénarios et les types de développement impliqués ont ainsi des répercussions dans le domaine de l'eau suivant trois sortes de relation :

(1) D'abord du fait des différences de croissance des productions dont l'eau est un facteur et des consommations pour lesquelles l'eau est un "produit", donc par les écarts de leurs incidences sur la demande de matière première "eau", et par conséquent sur l'exploitation des eaux du milieu, ainsi que sur les critères d'appréciation de leur exploitabilité comme ressource, à mesure que les disponibilités se réduisent. De même se différencient aussi les rejets en quantités et les demandes qui sollicitent le milieu, en aval des usages, par les retours d'eau usée.

(2) Puis du fait des différences de moyens qui peuvent être investis dans le secteur de l'aménagement des eaux et des équipements d'exploitation, aussi bien que d'assainissement et d'épuration, suivant le degré de croissance économique : la différence entre les scénarios tendanciels T2 et T3.

(3) Enfin, plus généralement, du fait des différences de politique d'environnement entre scénarios tendanciels T et alternatifs A ; dans ces derniers, la volonté de préservation et de protection des qualités des eaux du milieu induisent des efforts plus intenses et plus généralisés en ce qui concerne l'assainissement et l'épuration des eaux usées.

A ces différences correspondent des différences d'impacts sur l'état des eaux du milieu, sur leur régime et leurs qualités.

En concordance avec l'analyse sur les relations entre les activités de développement et l'eau exposée plus haut (tab. 14), le tableau 16 résume les principales implications des scénarios T2, T3 et A.

L'exercice s'applique ici aux implications des scénarios les plus contrastés, tendanciels et alternatifs, sans pour autant se dissimuler que les écarts entre les pays seront en réalité autant, sinon plus, notables que les différences entre les scénarios méditerranéens globaux eux-mêmes.

• Les différences entre les croissances démographiques propres à chaque scénario (croissance en général plus forte en T2, plus faible en A, avec des variantes selon les pays) auront naturellement des effets, toutes choses égales, sur les "besoins en eau" les plus directement liés aux populations (alimentation en eau potable, production agro-alimentaire par irrigation). Mais elles seront inégalement répercutées sur les demandes en eau effectives suivant les croissances économiques envisagées. Il est à présumer que les écarts entre celles-ci auront des effets plus amples que ceux des seules évolutions démographiques sur les demandes en eau réelles suivant les scénarios. Autrement dit, les écarts entre les besoins et les demandes en eau seront sensibles aux différents scénarios : plus accentués en T2 (par manque de moyens) et en A (par volonté d'épargne du milieu).

Tableau 16
Les scénarios et l'eau

Scénarios / Implications relatives à l'eau	T2 Tendanciel aggravé	T3 Tendanciel modéré	A Alternatif
Utilisations d'eau et demandes d'approvisionnement en eau.	Stagnation ou faible croissance des demandes, en retrait sur celle des besoins engendrés par la croissance démographique.	Croissance des demandes plus forte, entraînée par la croissance démographique et le développement économique hors cas de limitation par la ressource, compensée par le développement des "ressources en eau non conventionnelles" (croissance des volumes d'eau utilisée > croissance des prélèvements). Primauté des demandes urbaines, conflits possibles avec les demandes agricoles. Progrès lent des techniques d'irrigation économes. Conflits possibles entre utilisations "modernes" et "traditionnelles", dans divers secteurs.	Croissance des demandes modérée. Adaptation et "aménagement" des demandes, de pair avec la "gestion des ressources". Efforts d'économie d'eau plus sensibles, tant par les usagers urbains qu'agricoles (plus par diminution des pertes de transport). Progrès plus accentué d'efficience d'irrigation. Demandes urbaines (eau potable) et agricoles mieux conciliées, moins livrées aux compétitions micro-économiques, et allocation des ressources plus planifiée.
Aménagement et exploitation des eaux (prélèvements).	Progression freinée par les faibles capacités d'investissement ; nouveaux équipements limités aux opérations les plus rentables à court terme (dans une optique micro-économique) et aux remplacements d'ouvrages vieillis.	Priorité aux aménagements facilitant la mobilisation des eaux et/ou la sécurité. Intensification des exploitations, y compris des ressources non renouvelables.	Meilleur équilibre entre exploitation et conservation des eaux en "gestion des ressources". Planification à long terme des exploitations de ressources non renouvelables.
Conservation et protection des eaux, "lutte contre la pollution".	Objectif non prioritaire. Retards de l'assainissement et de l'épuration maintenus ou aggravés.	Objectif secondaire. Progrès relatif de l'assainissement et de l'épuration. Efforts sélectifs, surtout pour neutraliser les rétroactions sur la ressource utilisée.	Objectif prioritaire. Retards de l'assainissement et de l'épuration effacés. Poids équivalents donnés aux investissements pour satisfaire les demandes en eau (urbaines surtout) croissantes et l'assainissement + épuration.
Impacts sur l'état des eaux continentales (régime, qualités).	Peu de changement : la faible croissance compensant *pro parte* les moindres efforts pour neutraliser les impacts.	Pollutions locales et extensives croissantes. Artificialisation des cours d'eau croissante.	Pollutions décroissantes. Progrès des restaurations de qualités. Artificialisation des cours d'eau modérée.
Politique d'"internalisation" des effets des utilisations d'eau sur le régime et les qualités des eaux du milieu, dans les processus de décision et de planification.	Très faible à nulle. "Environnement sacrifié".	Plus appréciable mais partielle. Mesures correctrices ou de réparations sans grandes incidences sur les demandes en eau.	Plus complète et générale, avec incidences effectives sur les demandes en eau, les modes d'utilisation et de restitution.
Développement d'un secteur de production et utilisation d'eau – notamment potable – en partie déconnecté du milieu naturel : réutilisation, ressources non conventionnelles.	Négligeable, hors cas de situation critique locale, voire temporaire.	En croissance appréciable dans les cas de compétitivité à court terme (selon critères micro-économiques) avec les "ressources conventionnelles" en raréfaction.	Croissance plus ample liée à une politique de conservation des eaux à long terme et d'élargissement des critères d'exploitabilité des "ressources conventionnelles".

• Le scénario tendanciel aggravé T2 cumule des conséquences involontairement positives (faible croissance des exploitations...) et négatives (stagnation des actions de protection de l'environnement) pour le milieu, sans néanmoins neutralisation de leurs résultats.

• Dans les scénarios alternatifs plus volontaristes, une plus grande adaptation de l'implantation spatiale des demandes en eau (industrielles et même urbaines...), pourrait viser à minimiser les coûts d'aménagement et/ou de transfert d'eau, qui croissent hors de proportion avec les volumes d'eau à maîtriser et à fournir aux utilisateurs.

• Dans les scénarios tendanciels, au contraire, la "satisfaction des besoins en eau" (pour les divers usages) risque de devenir soit incomplète, soit de plus en plus coûteuse, même sans internalisation des effets externes.

• Les conséquences des scénarios alternatifs A sont difficiles à différencier. Une meilleure mise en commun des ressources en eau – fort inégales – des pays du Sud et de l'Est, aurait sans doute pour effet une atténuation de l'épuisement des ressources non renouvelables et du recours aux ressources non conventionnelles dans les pays les moins pourvus et au contraire une progression plus forte de l'utilisation des eaux dans les autres, sans cependant que les écarts entre les scénarios alternatifs soient quantifiables ni que les différences majeures par rapport aux scénarios tendanciels soient modifiées.

En conclusion, il apparaît que l'exercice de prospective du Plan Bleu dans le domaine de l'eau peut se baser pour l'essentiel sur les scénarios T2, T3 et sur un seul scénario alternatif A.

6. Le facteur population

En prélude aux essais de prospective des demandes en eau par secteur d'utilisation, il a paru instructif de tenter un bref exercice pour mesurer les incidences du facteur prédominant de ces demandes, le facteur population., toutes choses égales par ailleurs. Le ratio "prélèvements totaux en eau par habitant" étant, pour simplifier, considéré stable, les demandes en eau futures (prélèvements) ne croîtraient qu'en fonction des croissances démographiques propres à chaque scénario.

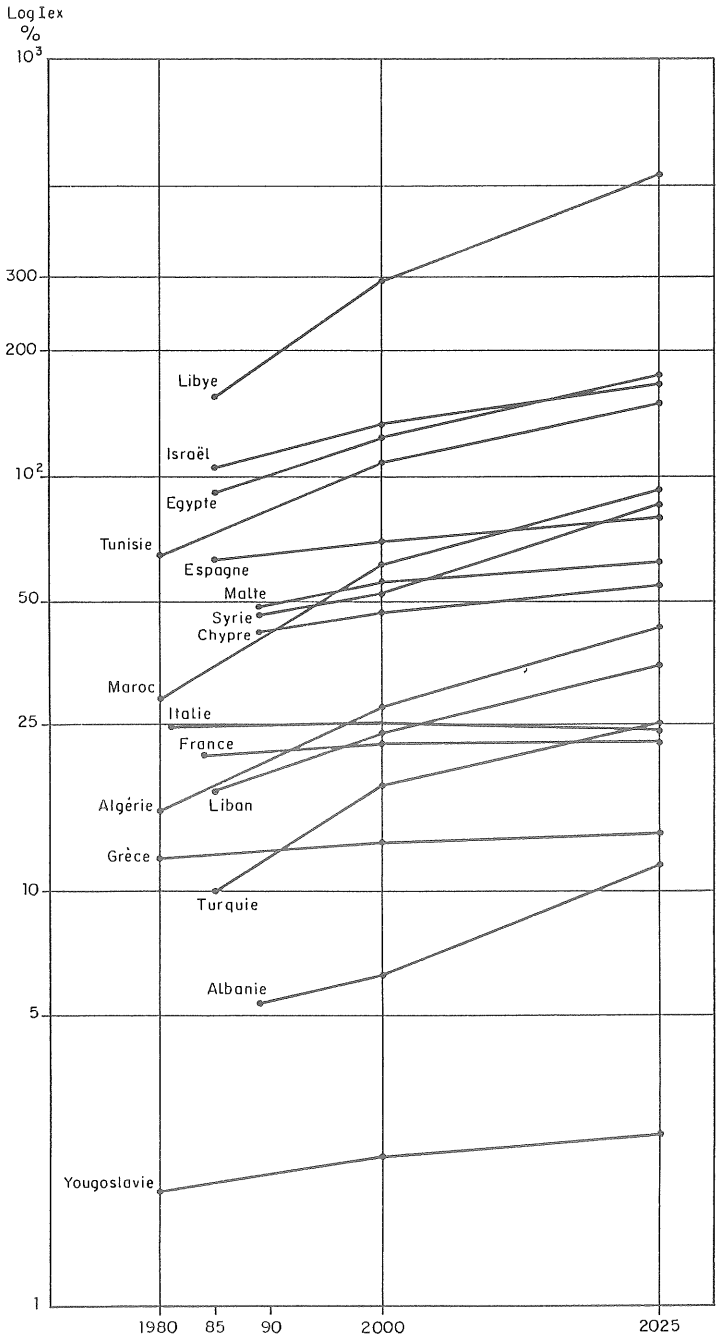
Une manière commode de comparer ces demandes futures conjecturées, en exprimant leurs conséquences, consistera à les rapporter au flux moyen et global des ressources en eau renouvelables naturelles des parties méditerranéennes de chaque pays, supposées invariantes, sous la forme du ratio "indice d'exploitation" défini précédemment.

Les hypothèses admises impliquent notamment que les demandes ne soient pas infléchies par la raréfaction des disponibilités en eau.

La comparaison brute de la somme des prélèvements en eau opérés dans un pays par rapport au flux moyen de ressource "naturelle" correspondant ne prend pas en compte les "remobilisations" : des volumes d'eau retournés au milieu après usages peuvent être en effet prélevés à nouveau. Ces remobilisations ("réutilisation" au sens large) ne sont pas négligeables à l'échelle d'un pays entier ; elles expliquent que des indices d'exploitation puissent dépasser 100 % indépendamment de l'effet des exploitations de réserve comme les déstockages de nappe souterraine.

Figure 12

*Indices d'exploitation des ressources en eau renouvelables dans le bassin méditerranéen, en scénario moyen**



* Si les prélèvements en eau totaux *per capita* restaient égaux à leur grandeur actuelle.
** L'échelle des indices d'exploitation *lex* est logarithmique.

L'indice d'exploitation indique non seulement la pression quantitative sur l'eau du milieu mais aussi la pression sur les qualités de l'eau, puisque sa croissance indique du même coup une augmentation de la proportion d'eau retournée après usages et composant le flux global de ressource (les prélèvements étant inévitablement accompagnés de retours d'eau usée, hors du cas de rejets en mer).

Les croissances de cet indice déduites de l'exercice, surtout si elles sont relativement fortes, auront ainsi une double signification :

– Par rapport à la sphère économique, cette croissance peut correspondre d'abord à des efforts accrus d'aménagement et de maîtrise des eaux : autrement dit, des transformations de l'offre aux usagers. Elle peut laisser prévoir aussi des incidences sur les demandes, avec la nécessité de développer les recyclages, les réutilisations, les diverses formes d'économie d'eau, ce qui permettra aux demandes d'approvisionnements satisfaites de croître plus vite que les prélèvements plafonnés par une offre primaire saturée (à coût acceptable...).

– Par rapport au milieu naturel, cette croissance fait pronostiquer une pression accrue, tant sur les ressources renouvelables, exploitées à la fois par les prélèvements et par les retours d'eau usée, que sur les ressources non renouvelables (déstockage amplifié de réservoirs aquifères).

Indices d'exploitation déduits

La figure 12 montre l'évolution des indices d'exploitation en fonction des projections des populations pour un scénario moyen, les différences entre scénarios étant faibles à cet égard.

Résultats les plus "parlants", les indices d'exploitation projetés font apparaître une grande diversité, tant de situations initiales (gamme de 1 à plus de 200 %) que de variations et d'ouvertures accrues aux horizons 2000 et surtout 2025 (gamme de 2,5 à plus de 500 %). Toutefois, les croissances des prélèvements totaux et des indices d'exploitation conséquents importent moins ici – car elles ne font que traduire les projections démographiques – que les changements d'ordre de grandeur des pressions sur les ressources : le nombre de pays à indice d'exploitation égal ou supérieur à 100 % passerait de 2 en 1985 à 5 en 2000 et 2025 ; ceux à indice supérieur à 50 % passeraient de 6 en 1980 à 8 en 2000 et 9 en 2025. En 2025, 4 pays seulement conserveraient des indices inférieurs à 25 %.

En fonction, à la fois des états initiaux des indices d'exploitation (relatifs eux-mêmes aux ressources) et des variations démographiques projetées (seule variable déterminante ici), les pays à situation et évolution similaires forment quelques groupes bien contrastés.

L'hypothèse de stabilité à long terme du ratio "prélèvements totaux *per capita*" est bien évidemment discutable, quand de nombreux facteurs peuvent le faire évoluer dans un sens ou dans l'autre :

• **Facteurs d'augmentation** :

– croissance du taux de desserte en eau potable de la population, rurale notamment ;

– croissance du taux d'urbanisation de la population ;
– croissance des demandes d'approvisionnement en eau potable *per capita* par la population desservie – largement liée à l'évolution des revenus des ménages – ;
– développement de la production industrielle per capita ;
– croissance de la part agricole de la demande en eau totale ;
– croissance de la proportion de la population active/population totale ;
– aggravation des taux de perte de transports et distribution d'eau ;
– développement d'éventuelles exportations d'eau.

• **Facteurs de diminution** :
– progression des mises en œuvre de techniques d'usage économes en eau, notamment, en agriculture (aspersion, micro-irrigation) et en production d'énergie (refroidissement en circuit fermé) ;
– expansion des réutilisations d'eau usée ;
– développement de "ressources non conventionnelles" (dessalement d'eau saumâtre ou salée) ;
– réduction des pertes et fuites de transport et d'usage ;
– réduction des fournitures d'eau potable par rationnement ;
– développement d'importations d'eau, notamment de l'extérieur du bassin méditerranéen.

Selon les évolutions et les situations futures pronosticables bien différentes à cet égard, trois groupes de pays peuvent être distingués déjà à ce stade :

1) Des pays où les disponibilités en eau resteraient notables jusqu'en 2025 et au-delà, où une marge assez confortable serait permise à une croissance des prélèvements *per capita*, qu'il s'agisse de pays à faible croissance démographique (France, Italie, Grèce, Yougoslavie) ou à croissance plus forte (Albanie, Turquie, Liban), moyennant des efforts d'aménagement et de maîtrise des eaux (y compris de conservation des qualités) de toute façon nécessaires surtout dans les pays du second sous-groupe.

2) Des pays où les disponibilités en eau – encore amples aujourd'hui – se réduiraient sensiblement sous le seul effet de croissances démographiques fortes en général (Maroc, Algérie, Chypre, Syrie et aussi Espagne), mais où les demandes en eau globales pourraient être satisfaites jusqu'en 2025, principalement par de nouveaux aménagements, à condition que les prélèvements *per capita* restent voisins de leurs niveaux actuels ; des croissances significatives des prélèvements *per capita* mettraient assez rapidement ces pays dans les situations critiques de ceux du troisième groupe, nécessitant d'autres solutions que les aménagements conventionnels.

3) Des pays où les disponibilités actuelles sont réduites ou négligeables (les indices d'exploitation y sont déjà ou seraient dès 2000 supérieurs à 100 %), où les demandes en eau globales – que leur croissance induite par la démographie soit faible (Malte), moyenne (Israël, Tunisie) ou forte (Egypte, Libye) – devraient être satisfaites principalement en diminuant les prélèvements en eau *per capita* sur les ressources conventionnelles, par recours à des ressources non conventionnelles et/ou par des importations.

Cette classification, assez tranchée par l'intensité et la nature des problèmes que l'exercice met en lumière, est ainsi plus complexe que la dualité classique entre pays du Nord et pays du Sud et de l'Est, puisqu'elle procède à la fois de la diversité des évolutions démographiques prévisibles et des inégalités invariantes des ressources, ces deux facteurs déterminants étant à peu près indépendants.

Chapitre

IV.

Prospective des demandes sectorielles

Dans l'optique exposée au chapitre 3, les demandes dont on va maintenant explorer les futurs possibles par secteur sont d'abord celles qui sollicitent -exploitent- les eaux du milieu naturel. Ces demandes englobent à la fois les demandes en eau quantitatives, donc les prélèvements et les consommations finales, et les consommations en qualités des eaux du milieu qui résultent des émissions de matières accompagnant les eaux usées rejetées puis retournées, après plus ou moins d'épuration, au milieu (fig. 11).

Les secteurs d'utilisation d'eau considérés successivement seront les suivants :

- Collectivités (secteur à pluralité d'utilisation)
- Agriculture
- Industries (non desservies)
- Energie
- Tourisme.

Dans ce chapitre, la prospective procèdera d'une première approche basée seulement sur les besoins spécifiques au secteur, déduits de l'évolution de facteurs socio-économiques généraux (population, objectifs de production agricole et industrielle, etc.) plus ou moins différents suivant les scénarios et, compte tenu des contraintes internes, des capacités de ces secteurs à transformer ces besoins en demandes effectives. Dans chaque cas, les demandes actuelles recensées au chapitre 2 formeront les conditions initiales des projections.

L'analyse sera toujours limitée à l'échelle macroscopique de chaque pays (ou de leur partie comprise dans le bassin méditerranéen). Par ailleurs, les estimations sectorielles proposées à l'horizon 2000 et plus encore à l'horizon

2025 vaudront moins par les quantités chiffrées dans l'absolu que par les écarts entre les variantes correspondant à chacun des trois scénarios considérés.

1. Demandes des collectivités

Il s'agit ici :

– des prélèvements (productions d'eau potable) et des consommations finales (volumes d'eau non retournés aux eaux continentales) engendrés par les "besoins" en eau potable des usagers domestiques et des autres agents économiques desservis par les collectivités ;

– des émissions de matières apportées au milieu avec les eaux usées retournées, directement pour une part, collectées pour une autre par les réseaux d'assainissement et plus ou moins épurées avant déversement final.

1.1. Besoins et demandes en eau potable

En raison de la multiplicité de ses usages, dont l'alimentation humaine ne forme qu'une très faible part en volume, l'eau potable est un bien de consommation pratiquement sans substitut. Aussi la demande en eau potable des usagers desservis – domestiques ou autres – offre-t-elle peu d'élasticité aux prix, ni de sensibilité aux changements des dépenses des consommateurs. Dans le secteur domestique, les demandes en eau *per capita* s'élèvent fortement en passant du stade de l'approvisionnement individuel (portage d'eau) à celui de la distribution publique à domicile. Elles croissent ensuite plus lentement en fonction du niveau de vie (incidence du progrès sanitaire et de l'expansion des équipements ménagers, puis elles peuvent plafonner, indépendamment du revenu et des dépenses des ménages. Certaines agglomérations connaissent même une décroissance.

En aucun cas les pronostics d'évolution des demandes d'approvisionnement en eau potable des collectivités ne peuvent procéder par extrapolation des tendances antérieures observées et par application directe de "taux de croissance". Ils devront se baser essentiellement sur des variables exogènes, mais en s'ancrant néanmoins sur les réalités présentes : plutôt que calculer des besoins théoriques futurs à partir de "normes" d'alimentation en eau potable *per capita*, on préfèrera appliquer aux principales variables déterminantes des coefficients multiplicateurs plausibles suivant les horizons et les scénarios.

A l'échelle macroscopique de l'exercice, seules des moyennes "nationales" des différentes variables ont été considérées. Il n'a paru possible ni de différencier les variables déterminantes des demandes d'approvisionnement suivant les régions et les tailles des agglomérations – hormis la distinction entre collectivités urbaines et rurales –, ni de les détailler suivant la stratification socio-économique des usagers et des modes de vie correspondants.

Les estimations chiffrées conserveront donc un caractère sommaire, valant surtout par leur ordre de grandeur. Les écarts entre les estimations relatives aux différents scénarios peuvent donc être peu significatifs lorsqu'ils sont faibles.

Méthode

Une approche synthétique basée sur les seules variables "démographie" et "demande unitaire" étant insuffisante, l'approche plus analytique choisie a été fondée sur des variables exogènes telles que les populations urbaines et rurales, les taux de desserte et les demandes unitaires.

Le volume total de prélèvement pour production d'eau potable y est calculé par la somme des deux produits "demande urbaine" plus "demande rurale".

- La demande d'approvisionnement en eau potable distribuée aux collectivités par habitant desservi s'exprime couramment en litres/jours *per capita* et peut s'appliquer à différentes échelles : une agglomération, un ensemble d'agglomérations d'une classe donnée, un ensemble d'agglomérations d'un pays ou d'une région, toutes classes confondues. Des chiffres moyens – référés à un pays ou à l'ensemble des agglomérations d'une classe définie d'un pays – sont les plus utilisables à l'échelle macroscopique.
- Le taux de desserte est exprimé aussi en "moyenne nationale" pour chaque classe de collectivité distinguée (urbaine, rurale).
- Le rendement de distribution est également une moyenne calculée pour les collectivités urbaines et rurales.

A l'échelle nationale – même ramenée à la partie du territoire dans le bassin méditerranéen – les variables considérées, à commencer par la demande d'approvisionnement unitaire, ont certainement une assez grande inertie qui empêche des évolutions rapides. Aussi est-il préférable d'adopter comme états initiaux les valeurs actuelles propres à chaque pays, lorsqu'elles sont estimées, plutôt que des moyennes "régionales". On s'efforcera aussi, pour les pays dépourvus de données, d'en déduire, par analogie de situation, des valeurs présumées. Quant aux estimations prévisionnelles effectivement collectées, elles pourront surtout servir à "caler" les projections suivant le scénario à progression la plus ambitieuse (T3), car elles procèdent pour la plupart d'études de planification basées sur des extrapolations de tendance et des hypothèses de croissance qui ont le plus souvent abouti dans le passé récent à des surestimations, au moins dans les pays les plus développés.

Demandes en eau potable et scénarios. Sensibilité des variables

Les demandes d'approvisionnement en eau potable à considérer ne correspondent pas à des "besoins" théoriques qui devraient être peu dépendants des scénarios. Elles dépendent à la fois :

– des activités des "consommateurs" requèrant des usages d'eau (y compris comme facteur de production) et de leurs capacités de prise en charge (modes de vie et revenus des usagers domestiques), des niveaux d'activité des entreprises industrielles et tertiaires (ou des services publics) desservies, ainsi que des proportions des industries qui s'approvisionnent en eau par branchement sur les réseaux de distribution publique ;

– des capacités des agents distributeurs à satisfaire ces demandes, des contraintes pratiques ou financières auxquelles ils se heurtent, de leurs objectifs propres qui peuvent les pousser tantôt à stimuler tantôt à réfréner (par la tarification, par d'éventuelles restrictions...) les demandes des usagers à desservir.

Les unes et les autres sont bien, elles, sous l'influence des scénarios.

A partir des "demandes en eau potable" actuelles (années 1980) connues ou estimées, globalisées par pays aux deux niveaux (approvisionnement, production), les variables déterminantes ajustées initialement aux situations présentes, pourraient évoluer comme suit selon les scénarios :

– T2 : Les demandes unitaires *(per capita)*, au mieux resteraient stables, et devraient même décroître dans les pays où les approvisionnements ne pourraient suivre la croissance démographique, de même que les taux de desserte et les rendements de distribution (vieillissement des réseaux, faibles efforts de rénovation).

– T3 : Les demandes unitaires, stables ou lentement croissantes dans les pays développés pourraient croître davantage dans les pays en développement (Est, Sud) où des "retards" seraient rattrapés en 2000, puis se stabiliser en 2025, l'effort essentiel consistant à suivre la croissance démographique ; les taux de desserte et les rendements de distribution seraient également stables ou en croissance modérée.

– A : Les demandes unitaires pourraient décroître dans les pays où elles sont les plus fortes et croître plus lentement dans les pays à retard accumulé sous l'effet d'efforts plus amples d'économie d'eau. Les taux de desserte et les rendements auraient la plus forte croissance contribuant – pour les seconds – à freiner les prélèvements globaux. Les travaux d'amélioration des rendements seraient motivés davantage par l'objectif de modérer la croissance des prélèvements, même à coûts de production et de distribution unitaires plus élevés, et ils s'étendraient à la réduction des fuites chez les usagers.

Dans cette optique, les incidences d'éventuels conflits avec d'autres secteurs de demande, et les arbitrages d'allocation de ressources limitées qui pourraient s'en suivre, ne sont pas pris en compte.

Prospective des demandes : prélèvements et consommations

Les **populations** sont celles adoptées par le Plan Bleu pour les différents scénarios. Dans le cas des pays partagés, pour les territoires compris dans le bassin méditerranéen, les populations "initiales" proviennent de sources nationales, ou, à défaut, sont déduites des estimations du Plan Bleu pour les "régions méditerranéennes". Il en va de même pour les populations urbaines.

Pour ce qui est des **taux de desserte**, par rapport aux taux actuels moyens : on a admis le maintien, voire la décroissance (dans des pays à très forte progression démographique urbaine) dans le scénario T2, des croissances modérées, identiques dans les scénarios T3 et A, un peu plus fortes jusqu'en 2000 qu'au-delà, et appréciables surtout dans les pays où ces taux sont actuellement les plus faibles. Les écarts relatifs entre les taux des collectivités urbaines et rurales ont été peu modifiés, un peu réduits seulement en 2025.

Pour la **demande d'approvisionnement per capita**, les ratios actuels, connus ou supputés ont servi partout de référence initiale. On a admis leur stabilité dans les pays les plus développés du Nord dans tous les scénarios. Dans les autres pays, des croissances faibles ou des stagnations sont envisagées dans le scénario T2, des croissances plus fortes en T3 et des croissances

modérées (sous l'effet d'efforts d'économie d'eau appréciables chez les usagers) en A.

Pour les **rendements de distribution**, on a également admis que leurs niveaux actuels resteraient stables ou pourraient se dégrader dans le scénario T2, s'amélioreraient un peu en T3 et davantage en A du fait d'une volonté plus accusée de modérer la croissance des prélèvements, surtout dans les pays du Sud, sans cependant jamais s'élever au-dessus de 85 %.

Enfin, il a enfin été supposé que la structure des demandes urbaines, parts respectives des demandes domestiques, industrielles ou tertiaires, n'évoluerait pas de manière significative à l'échelle nationale : hypothèse simplificatrice revenant à éliminer une variable.

Tableau 17
Demandes en eau potable des collectivités du bassin méditerranéen (km³/an)

Région	Horizons / Scénarios / Pays	2000 T2	2000 T3	2000 A	2025 T2	2025 T3	2025 A	Etat actuel (1981 à 1985)
Nord	Espagne	2,6	4,28	3,5	3,02	5,14	4,48	~ 2,7
	France	1,8	2,07	1,82	1,93	2,21	2,02	1,73
	Italie	6,85	7,82	6,81	7,08	8,08	7,28	6,8
	Malte	0,028	0,042	0,033	0,032	0,044	0,033	0,034
	Yougoslavie	0,25	0,57	0,39	0,265	0,73	0,55	0,3
	Albanie	0,5	0,6	0,7	0,8	1	0,9	~ 0,61
	Grèce	0,835	1,31	1,08	1,22	1,61	1,35	0,75
Est	Turquie	1,63	1,88	1,415	2,67	3,68	2,76	~ 1
	Chypre	0,045	0,055	0,043	0,057	0,075	0,063	0,043
	Syrie	0,10	0,15	0,13	0,18	0,42	0,315	0,12
	Liban	0,11	0,28	0,23	0,193	0,5	0,44	0,18
	Israël	0,34	0,39	0,315	0,41	0,485	0,435	0,25
Sud	Egypte	4,2	3,95	3,12	6,35	7,5	5,71	3,7
	Libye	0,66	0,64	0,46	1,2	1,27	0,82	0,7
	Tunisie	0,34	0,655	0,445	0,43	1,08	0,655	0,23
	Algérie	0,9	1,62	1,05	1,295	3,1	2,97	0,6
	Maroc	0,16	0,215	0,16	0,24	0,435	0,325	0,7
Totaux régionaux	Total Nord	12,5	16,4	13,9	13,8	18,4	16,2	12,37
	Total Est	2,2	2,7	2,1	3,5	5,2	4	1,6
	Total Sud	6,3	7,1	5,2	9,5	13,4	10,5	5,93
Total	Total	21	26,2	21,2	26,8	37	30,7	20,9

L'ensemble des résultats de l'exercice de prospective relatif aux collectivités est présenté condensé dans le tableau 17. Ces résultats apportent les enseignements suivants :

(1) Par rapport aux demandes initiales globales (prélèvements) qui approchaient 20 milliards de m³/an dans le bassin, on pronostique des accroissements de 10 à 37 % en 2000 et de 40 à près de 100 % en 2025, suivant les

scénarios. Un doublement global des prélèvements entre 1980-85 et 2025 serait ainsi l'hypothèse la plus haute et un accroissement de moins de 50 % l'hypothèse la plus basse. Ainsi, malgré la progression démographique, on se trouverait sensiblement au-dessous des "lois de croissance" de demande en eau souvent avancées dans le passé ("doublement en 30 ans" dans les pays développés)... Les accroissements relatifs, selon les "régions" et les scénarios sont mis en évidence par les coefficients réunis dans le tableau suivant, déduit du tableau 17, en prenant les prélèvements initiaux comme base 100 :

Groupe de pays (dans le bassin)	Volume prélevé initial (km^3/an)	Horizon 2 000 (base 100 = volume initial)			Horizon 2025 (base 100 = volume initial)		
		T2	T3	A	T2	T3	A
Nord	12,3	98	133	113	112	150	132
Est	1,5	147	180	140	233	347	267
Sud	5,3	119	134	98	179	253	198
Total	19,1	110	137	111	140	194	161

(2) Les parts prises respectivement par les pays du Nord et ceux du Sud et de l'Est évoluent par accroissement de la part des seconds, mais moins amplement que le basculement démographique, qui en est la cause, pourrait le laisser prévoir. Il s'agit plutôt d'un "rééquilibrage", approché seulement en 2025. Le décalage prolongé entre les demandes unitaires dans les deux groupes de pays, quels que soient les scénarios, compenserait largement les effets du déséquilibre démographique.

(3) Les croissances les plus fortes, comme on pouvait s'y attendre suite aux hypothèses introduites, correspondent au scénario T3 : écarts globaux de + 25 % en 2000 et + 38 % en 2025 par rapport à T2. Avec le scénario A on trouve une croissance globalement identique à celle de T2 en 2000.

(4) Des croissances plus lentes après 2000 apparaissent dans la plupart des pays avec le scénario T3, l'Egypte étant la principale exception ; en T2, les croissances seraient au contraire plus ou moins accélérées après 2000 dans presque tous les pays, du fait de la prédominance du seul facteur démographique ; en A, par contre, des évolutions plus diverses semblent possibles : approximativement linéaire (Espagne, France, Algérie), accélérée après 2000 (Italie, Turquie) ou décélérée (Grèce, Tunisie) ou encore croissance reprise après 2000 suite à une phase de décroissance (Egypte).

(5) Les écarts entre les scénarios et les horizons sont parfois du même ordre : globalement pour les pays du Nord, mais plus rarement au Sud (Tunisie), les prélèvements supputés en 2025 dans le scénario A sont voisins de ceux trouvés en 2000 dans le scénario T3. Cela pourrait signifier qu'une réduction assez volontaire et intense des pertes et fuites, qui est une hypothèse dans le scénario A, serait capable, dans ces pays, de faire face dans une large mesure à la croissance des demandes d'approvisionnement. Ailleurs les politiques d'économie d'eau (scénario A) permettraient de différer de 10 à 15 années les accroissements de production à prévoir en T3.

Prospective des consommations nettes

Dans une optique soucieuse de l'environnement, autant que la prospective des prélèvements importe celle des demandes "finales" que sont les consommations nettes (en volume) relatives au milieu : volumes prélevés non restitués aux eaux continentales, qui ne sont significatifs qu'à l'échelle macroscopique des bassins.

La prospective des consommations ne peut cependant procéder d'une démarche aussi analytique que celle des prélèvements, du fait d'abord de l'incertitude sur leurs états actuels et *a fortiori* de la fragilité des hypothèses sur l'évolution de leurs facteurs. Deux variables, à l'échelle globale de chaque pays, sont ici essentielles.

– Le **taux de consommation nette** par les usages. Il est rarement supérieur à 5-10 % et est surtout amplifié par les arrosages.

– La **part des rejets non retournée aux eaux continentales** (par les collecteurs d'eau usée ou directement) : les rejets des collectivités situées sur le littoral peuvent être présumés déversés en mer en quasi-totalité, donc également "consommés" par rapport au milieu naturel continental. Une bonne partie des fuites des usagers dans les agglomérations littorales doit avoir le même sort.

La proportion élevée de population agglomérée sur le littoral méditerranéen sera le facteur le plus déterminant de la consommation nette finale.

Le "taux de consommation finale", rapportant celle-ci aux volumes fournis aux usagers (approvisionnements), pourra ainsi varier beaucoup selon les pays. Ce ratio global pourrait être utilisé en prospective dans la mesure où il serait présumé peu variable au regard de l'évolution des approvisionnements.

Les volumes de consommation finale actuelle, estimés sommairement (tab. 8) serviront de base aux projections.

Suivant les scénarios, on peut présumer :

– que les taux de consommation par les usages pourraient être conservés en T2, un peu diminués en T3 (par accroissement des gaspillages) et un peu accrus en A (du fait d'économies d'eau et d'efficience accrue de certains usages, notamment des recyclages) ; ces taux devraient en somme évoluer en raison inverse des demandes d'approvisionnement *per capita* ;

– que les proportions de population littorale seraient également maintenues en T2, mais au contraire accrues en T3 et diminuées en A (du fait des rééquilibrages induits par une politique d'aménagement du territoire plus volontaire, mais dans une mesure modeste toutefois...).

Ces variations des deux facteurs d'évolution des taux de consommation finale se neutralisent en partie. Le tableau 18 présente les résultats obtenus.

Les accroissements de consommation finale seraient naturellement homologues de ceux des approvisionnements et des prélèvements : plus forts dans le scénario T3, plus faibles en T2 et intermédiaires en A, dans tous les pays – mais toutefois relativement plus accentués que les accroissements de prélèvements dans les scénarios T3 et A –.

Les progressions seraient, pour tous les scénarios, plus fortes au Sud et surtout à l'Est, qu'au Nord, et plus rapides après 2000 au Sud pour tous les scénarios. Néanmoins en grandeur absolue les consommations finales des

pays du Nord resteraient prédominantes dans tous les cas : toujours de l'ordre des 2/3, comme à présent (70 %), à l'horizon 2000 ; un peu moins (55 à 60 %) à l'horizon 2025.

Tableau 18
Consommations en eau finales, par les collectivités desservies en eau potable*

Région	Pays (dans le bassin méditerranéen)	Taux de consommation finale des vol. d'eau fournis %	Etat initial (cf. tab.) 8 hm³/an	2000			2025		
				T2	T3	A	T2	T3	A
				hm³/an	hm³/an	hm³/an	hm³/an	hm³/an	hm³/an
Nord	Espagne	37	675	675	1 180	1 030	780	1 520	1 405
	France	33	410	415	511	477	445	582	562
	Italie	25	1 125	1 200	1 440	1 340	1 240	1 600	1 530
	Malte	83	15	19	28	23	22	31	23
	Yougoslavie	30	55	48	118	91	54	162	128
	Albanie	15	6	12	28	25	30	58	53
	Grèce	45	225	240	405	375	353	538	511
Est	Turquie	20	125	209	260	221	320	547	434
	Chypre	35	10	11	14	13	14	21	19
	Syrie	20	5	11	19	15	22	62	49
	Liban	45	32	35	95	83	61	169	158
	Israël	33	65	84	103	88	101	136	122
Sud	Egypte	20	420	504	550	465	762	1 120	903
	Libye	45	200	178	200	163	378	426	313
	Tunisie	35	60	83	182	131	105	302	194
	Algérie	33	130	193	392	273	300	804	548
	Maroc	20	25	21	31	25	33	69	55
Totaux régionaux	Total Nord	–	2 510	2 610	3 710	3 360	2 925	4 490	4 210
	Total Est	–	240	350	490	420	415	935	780
	Total Sud	–	835	980	1 355	1 055	1 580	2 720	2 015
Total	Total	–	3 585	3 940	5 555	4 835	4 920	8 145	7 005

* Volumes non restitués aux eaux continentales.

Conclusions sur les demandes en eau potable

Quels que soient les scénarios, deux types de situations assez contrastées sont prévisibles suivant les pays.

• Dans les pays du Nord, à faible croissance démographique et à taux d'urbanisation déjà élevé, les demandes en eau potable seront peu croissantes, voire stables, les consommations finales croissant toutefois un peu plus. Les taux de desserte et les demandes *per capita* urbains et ruraux tendront à s'uniformiser, les demandes rurales devenant très minoritaires. Les politiques tarifaires, à dégressivité dominante, seront plus motivées par l'objectif d'équilibre financier et de profit des agents distributeurs que par celui de modérer les demandes d'approvisionnement ; les prix croîtront sensiblement

du fait des investissements visant (surtout en T3 et A) à améliorer la sécurité d'approvisionnement (en quantité comme en qualité) malgré des réductions probables des coûts d'exploitation permises par les progrès de l'informatisation et de l'automation appliqués à la gestion des distributions. Ces enchérissements ne devraient pas sensiblement influencer le volume des demandes.

• Dans les pays du Sud et de l'Est, à forte croissance démographique et à urbanisation accélérée, les demandes en eau potable croîtront sensiblement (d'un facteur 2 à 3 à l'horizon 2025), mais les taux de desserte et les demandes *per capita* des populations rurales resteront bien inférieurs à ceux des collectivités urbaines. De ce fait, les volumes des demandes rurales demeureront minimes par rapport à ceux des demandes urbaines, plus encore qu'au Nord. Ces demandes seront plus ou moins incomplètement satisfaites du fait de retards d'équipement (surtout en T2), indépendamment des conflits d'allocation locaux possibles avec les demandes agricoles. Le maintien d'un mode de distribution "duale" dans les plus grandes agglomérations (desserte sans branchement individuel en milieu péri-urbain) contribuera à abaisser la demande urbaine *per capita* moyenne apparente. Les pressions exercées pour encourager les économies d'eau (efficaces surtout en A) seront conjuguées avec l'effort d'accroissement des productions. Les politiques tarifaires, à progressivité dominante, viseront à favoriser les économies et retarder les investissements pour les équipements. Par ailleurs, les politiques d'eau bon marché dans les villes (par le jeu de subventions à finalité sociale) pourraient contrarier l'objectif d'économie d'eau et handicaper les allocations de ressource à d'autres secteurs (agriculture). Enfin, les systèmes de distribution resteront fragiles, vulnérables à des défaillances de ressource conjoncturelles.

1.2. *Rejets et évacuation des eaux usées : charges de matières émises*

Même en s'en tenant ici aux facteurs d'impacts sur les qualités des eaux continentales réceptrices des eaux usées restituées, sans chercher encore à apprécier ces impacts en termes de dégradation de qualités (pollution), l'analyse est moins soutenue par des chiffres macroscopiques que lorsqu'il s'est agi des demandes en eau potable. D'abord, les indicateurs sur l'ensemble des paramètres en jeu et les données adéquates assez complètes sur les situations initiales dans tous les pays, manquent. Puis, intervient aussi la complexité de la filière qui relie les rejets d'eau usée des usagers (dont une partie seulement est collectée par les réseaux d'assainissement) aux émissions finales dans le milieu naturel (eaux continentales ou marines), soit à l'état brut, soit par des dispositifs d'épuration aux rendements variés. Cette complexité se prête mal à une description par macro-indicateurs à l'échelle nationale. Enfin les flux de matière qui importent ici ne sont jamais directement accessibles à l'observation mais seulement déductibles de deux variables indépendantes : les flux d'eau usée et les teneurs en polluants considérées.

Méthode et variables

L'approche analytique souhaitable, en partie symétrique de celle appliquée aux demandes en eau, devrait prendre en compte les différentes variables qui caractérisent la branche "aval" du circuit d'utilisation d'eau par

les collectivités, des rejets des usagers aux retours au milieu (chapitre 2). Ces variables, qui se rapportent les unes aux flux d'eau usée, les autres aux flux de matières, sont les suivantes :

(1) Au plan des **flux d'eau usée** :

– Volume unitaire de rejet *per capita* (rapporté à la population totale des collectivités).

– Taux de raccordement à l'assainissement, qui sépare les flux de rejets plus ou moins directement déversés dans le milieu de ceux collectés par les réseaux d'égout.

– Rendement des réseaux d'assainissement (homologues de ceux des réseaux de distribution) qui définit la part reçue par les stations d'épuration et celle des pertes qui gagnent directement le milieu (eaux souterraines).

(2) Au plan des **flux de matières**, pour chaque paramètre de matière polluante :

– Teneur des eaux usées brutes (rejets des usagers).

– Flux de matière rejeté *per capita* (produit des teneurs précédentes par le flux d'eau usée unitaire), variable très sensible à la proportion et aux activités des usagers non domestiques.

– Taux de collecte par les réseaux d'assainissement des flux de matières rejetées. Ces taux peuvent différer sensiblement des taux de raccordement des populations aux réseaux d'assainissement, en raison des écarts entre les rejets de matière unitaires des agents raccordés et ceux des agents non raccordés (notamment en fonction des raccordements des usagers non domestiques...).

– Taux d'efficacité des opérations d'épuration, qui détermine le flux de matières déversé finalement dans le milieu récepteur des effluents.

– Répartition des émissions finales dans le milieu (directement par les agents ou par les effluents des stations d'épuration) entre les eaux continentales et les eaux marines. Ces dernières reçoivent en général les émissions des collectivités littorales, mais cette répartition ne coïncide pas nécessairement avec celle des populations, considérée plus haut pour le calcul des consommations.

La démarche analytique convenable devrait donc consister, comme on l'a fait pour les demandes en eau, à établir une base de données factuelles sur les états actuels de ces différentes variables dans chaque pays (en moyenne) et sur les flux de matières actuellement émis qui s'en déduisent (tabl. 16 et 17), puis, sur la base de changements présumables de ces variables aux horizons prospectés et des variations de population, à calculer des émissions finales futures possibles suivant chaque scénario.

Situations présentes

Les informations disponibles sur la valeur actuelle des variables précédentes et même sur les émissions globales de matières à l'échelle des pays sont très incomplètes. Des estimations de flux d'eau usée rejetés peuvent être déduites des quantités d'eau distribuées et consommées dans chaque pays, en séparant approximativement leurs parts déversées en mer ou dans les eaux continentales. Les rejets du Nord seraient donc de l'ordre du double de ceux du Sud et de l'Est, globalement et *per capita*.

Les données sur les flux de matières ne permettent presque jamais de chiffrer les émissions finales par voie analytique, à l'échelle d'un pays.

Pour les seuls pays du Nord, l'OCDE (1991) a indiqué des taux de population "desservie par une station de traitement des eaux usées" – correspondant par défaut à des taux de raccordement car on sait que tous les réseaux d'assainissement ne comportent pas de station d'épuration... – qui sont fort inégaux.

Pays (entiers)	1980	1985	dernières années 80
Espagne	17,9 %	29 %	48,8 %
France	43,6 %	49,7 %	52 %
Italie	30,0 %		59,8 %
Grèce	0,5 %	–	–
Turquie	2,0 %	3,3 %	–

Pour 1980, le taux de raccordement donné pour Israël est de 62,5 % en zone urbaine et de 46,8 % en zone rurale.

Malgré le défaut de données assez générales et homogènes, une estimation peut être tentée :

– basée sur les populations totales des territoires compris dans le bassin méditerranéen, urbaines et rurales, en 1985 ;

– prenant en compte les rejets de tous les agents des collectivités (domestiques et autres).

– prenant en compte les flux associés aux "eaux pluviales" dans les agglomérations (populations urbaines et rurales, raccordées ou non)

– prenant en compte les rejets non collectés (sur la base des mêmes taux de raccordement).

Les résultats (arrondis) sont les suivants :

Région	Population dans le bassin méditerranéen en 1985		Flux de matières rejetées (en Mt/an)				
	urbaine (M hab.)	rurale (M hab.)	MO	MES	MDT	N	P
Nord	68,5	33,5	3,5	3,6	3	0,3	0,05
Sud + Est	48	47	2,5	4,1	2	0,3	0,04
Total	116,5	80,5	6,0	7,7	5	0,6	0,09

Restent à estimer quelles parts de ces quantités globales seraient actuellement rejetées dans le milieu naturel, compte tenu de celles soustraites effectivement par les traitements des eaux usées collectées et acheminées aux stations d'épuration. D'après les taux de collecte, les rendements des réseaux d'assainissement et les rendements d'épuration moyens admissibles, les proportions d'émissions finales par rapport aux rejets bruts totaux (collectés ou non) pourraient être actuellement de l'ordre de :

– 75 % au Nord

– 90 % au Sud et à l'Est.

Sur cette base, et en admettant que les mêmes proportions s'appliquent aux différents paramètres (ce qui n'est sans doute pas exact), sauf pour MDT supposé sans réduction par rapport aux rejets bruts, les émissions finales actuelles de matières dans le milieu pourraient s'estimer comme suit, en valeurs arrondies :

			Emissions finales (Mt/an) (1985)		
Région	MO	MES	MDT	N	P
Nord	2,65	2,7	3	0,2	0,04
Sud + Est	2,25	3,7	2	0,3	0,04
Total	4,9	6,4	5	0,5	0,08

Sensibilité aux scénarios

Nonobstant les réserves précédentes, les sensibilités aux scénarios des différentes variables déterminantes des émissions finales de matières peuvent être sondées.

• Les **rejets bruts** (d'eau usée, de matières) *per capita*, rapportés aux populations totales, seraient d'abord sensibles aux taux d'urbanisation, puisqu'il est admis que ces rejets unitaires respectifs des populations urbaines et rurales diffèrent sensiblement et que ces taux d'urbanisation seraient plus croissants dans les scénarios T3 et surtout T2 qu'en A – sans écarts très significatifs toutefois –, avec des "surcharges" présumées dans les plus grandes agglomérations (> 1 million d'habitants).

Indépendamment de l'habitat urbain ou rural, les rejets *per capita* des collectivités peuvent vraisemblablement croître en fonction des "niveaux de vie". Mais on ne dispose d'aucun indicateur macroscopique permettant de les relier à des variables exogènes connues, donc *a fortiori* d'apprécier leur sensibilité aux scénarios, présumée faible. Les rejets de matière associés aux effluents domestiques (MO, MES) pourraient être accrus significativement par un ample développement de la pratique des broyeurs de déchets.

Des variations de la proportion entre usagers domestiques et autres agents pourraient être le principal facteur d'évolution du ratio, en changeant le rapport entre la population réelle et le nombre "d'habitants-équivalents" correspondant, mais elles sont elles-mêmes peu prévisibles.

• Les **taux de raccordement** à l'assainissement et le taux de collecte peuvent être présumés par contre plus sensibles aux scénarios : à une stabilité, voire à une régression en T2, pourrait s'opposer une légère croissance en T3 et une croissance plus forte en A. Cependant, suivant les standards de rejets unitaires de l'OMS, une croissance des taux de raccordement devrait entraîner une croissance des quantités de rejets à population égale : elle pourrait ainsi avoir une incidence négative sur l'environnement si elle n'était pas accompagnée d'une croissance parallèle des proportions des volumes d'eau usée collectée traitée en station d'épuration, d'une part, et des rendements d'épuration, d'autre part.

• Les **rendements des réseaux d'assainissement** et les **efficacités des stations d'épuration** devraient également évoluer différemment suivant les scénarios : stabilité ou diminution en T2, légère amélioration en T3, progrès plus ample en A. Toutefois, ces différences ne sont pas aisément quantifiables.

• Enfin **les répartitions des émissions finales** entre les eaux continentales et la mer, en fonction des différences de progression de l'urbanisation et de l'occupation de l'espace littoral, pourraient évoluer dans le sens d'une croissance des parts déversées en mer en T2 et T3, donc au bénéfice relatif des eaux continentales et, par contre, dans le sens d'un maintien ou d'une croissance de la part déversée aux eaux continentales en A.

En somme pour ce qui concerne les émissions finales, les variables apparemment les plus sensibles aux scénarios seraient les taux de raccordement et les taux d'efficacité des systèmes d'assainissement et d'épuration, les variables exogènes dominantes demeurant la population et le taux d'urbanisation.

Prospective : démarche et résultats

La démarche simplifiée, seule praticable, a été adoptée pour prospecter les rejets futurs possibles des collectivités, avec :

– Référence aux populations totales, urbaines et rurales, projetées (dans le bassin méditerranéen) aux horizons 2000 et 2025, pour chaque scénario.

– Distinction de deux grands agrégats régionaux seulement : Nord et Sud + Est.

– Adoption de variations similaires des taux de raccordement (urbains, ruraux).

– Application des rejets de matières *per capita* actuels pour les diverses classes de population, en les supposant invariantes.

Plus hazardeuse sera la prospective des émissions finales qui nécessite des hypothèses sur les proportions des rejets traités par des stations d'épuration et sur les efficacités de celles-ci, autrement dit sur les flux de matières soustraits par l'épuration.

Compte-tenu des proportions élevées des émissions finales par rapport aux rejets bruts dans l'état actuel, et sachant les coûts impliqués par des progressions appréciables de l'assainissement et de l'épuration, il n'a pas paru réaliste de prévoir des diminutions plus amples, même dans le scénario le plus favorable à cet égard (A).

Ces hypothèses moyennes régionales sont certes plus prudentes que les quelques prévisions formulées en certains pays.

Bien évidemment, des améliorations plus amples des taux d'émission finales pourraient être effectives dans certaines zones. Ce sera sans doute le cas dans plusieurs zones littorales, notamment au Nord, sous l'aiguillon de la nécessité de sauvegarder les champs d'activité touristique. La proportion des émissions déversées en mer régresserait ainsi plus rapidement que celle des émissions déversées dans les eaux continentales. Les réalisations actuelles sur le littoral français, comme celles récentes et programmées sur le littoral espagnol (où les "taux de dépuration" effectifs des eaux usées urbaines s'élèveraient aujourd'hui à 48 % pour DBO 5 et 54 % pour MES, et devraient prochainement atteindre 72 et 81 %) en sont des exemples notables.

La répartition des émissions finales suivant les milieux récepteurs (eaux continentales, mer) procèdera en première approximation en appliquant les mêmes proportions que pour les rejets d'eaux usée présents, dont les moyennes régionales seraient peu différentes :

	eaux continentales	mer
Nord	78 %	22 %
Sud et Est	82 %	18 %

Bien entendu, ces proportions évoluent différemment suivant les scénarios (la part de la mer croissant un peu plus avec T2 et T3 qu'avec A) ainsi que suivant les paramètres ; mais les changements seraient-ils significatifs eu égard aux grandes approximations qui affectent tous ces chiffrages ?

Résultats

Le tableau 19 récapitule les résultats globaux des calculs opérés par classe de population (urbaine, rurale, raccordée ou non), en appliquant les ratios et les conventions indiqués, pour estimer les rejets bruts possibles correspondant aux cinq paramètres retenus. Pour les trois principaux, la figure 13 visualise les évolutions calculées à partir de l'état initial en 1985.

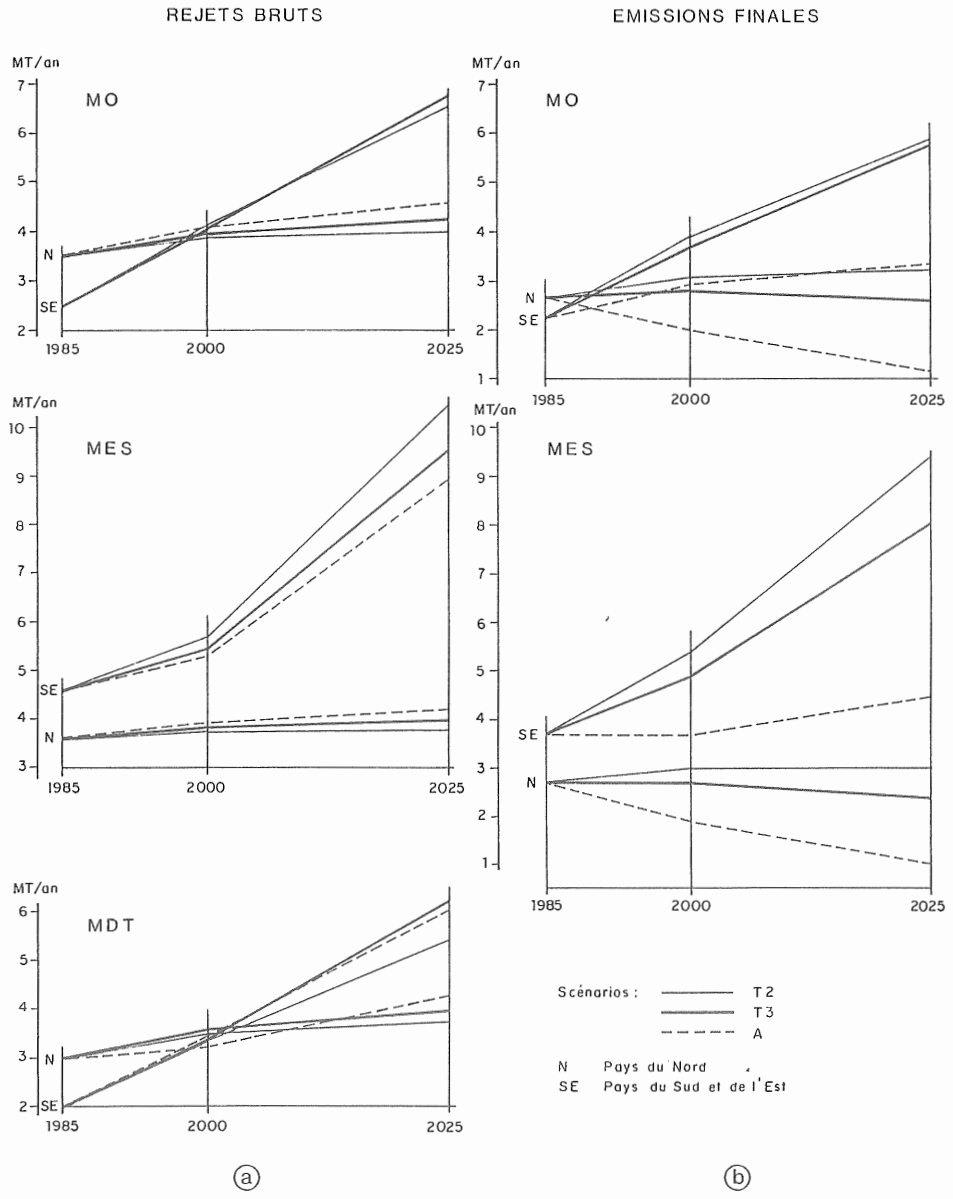
Tableau 19
Rejets de matières des collectivités urbaines et rurales

Région	Scénario	Horizon	Flux de matières rejetées en KT/an				
			MO	MES	MDT	N	P
Nord	T2	2000	3 870	3 750	3 490	340	55
		2025	4 020	3 750	3 760	350	55
	T3	2000	3 950	3 810	3 580	350	55
		2025	4 280	4 000	3 960	375	60
	A	2000	4 090	3 890	3 240	360	60
		2025	4 580	4 200	4 300	400	60
Sud et Est	T2	2000	4 150	5 680	3 380	460	60
		2025	6 560	10 540	5 420	730	100
	T3	2000	4 100	5 440	3 400	460	60
		2025	6 800	9 580	6 220	740	100
	A	2000	4 090	5 300	3 460	450	60
		2025	6 540	8 960	6 080	700	90
Ensemble du bassin méditerranéen	T2	2000	8 020	9 430	6 870	800	115
		2025	10 580	14 290	9 180	1 080	155
	T3	2000	8 050	9 250	6 980	810	115
		2025	11 080	13 580	10 180	1 115	160
	A	2000	8 180	9 190	6 700	810	120
		2025	11 120	13 160	10 380	1 100	150

Légende : MO = matière organique ; MES = matières en suspension ; MDT = matières dissoutes totales ; N = matières azotées ; P = matières phosphatées.

Les émissions finales déduites, par application des taux moyens proposés (sauf pour MDT, en admettant que dans ce cas les traitements d'épuration n'aient pas d'effet réducteur significatif) sont récapitulées dans le tableau 20, où seules sont indiquées les parts déversées dans les eaux continentales (cours d'eau, pour l'essentiel), suivant les proportions admises et supposées provisoirement invariantes. La figure 13 visualise les évolutions calculées par rapport à l'état initial pour MO et MES.

Figure 13
Rejets bruts (a) et émissions finales (b) de matières dans le milieu naturel, par les collectivités, suivant les scénarios



Ces résultats d'exploration, qui ne sont que les conséquences logiques des hypothèses introduites, font cependant ressortir plusieurs traits majeurs :

a) Quant aux rejets bruts :

– Les écarts entre les scénarios sont faibles et peu significatifs, du fait des approximations des données et des hypothèses, même à l'horizon 2025, avec une différenciation un peu plus nette seulement pour les MES dans les pays du Sud et de l'Est.

– Les évolutions sont par contre bien contrastées entre Nord et Sud-Est : croissances lentes au Nord, fortes au Sud et à l'Est où elles sont apparemment linéaires pour MO et MDT, accélérées pour MES, avec des accroissements de 1985 à 2025 d'un facteur 2,5 pour MO, 3 pour MDT, 2 pour MES. De ce fait, les rejets du Sud et de l'Est, inférieurs à ceux du Nord en 1985 pour MO et MDT, les égaliseraient en 2000 et les surpasseraient fortement en 2025 : de 50 % pour ces matières, et de 250 % pour MES, sous l'effet prédominant des croissances de population.

b) Quant aux émissions finales :

– Les écarts entre les scénarios sont cette fois beaucoup plus amples et sont sensibles aux hypothèses contrastées d'évolution des taux de collecte et des rendements d'épuration propres à chaque scénario : les croissances sont assez similaires à celles des rejets avec T2 et T3, surtout au Sud et à l'Est ; elles sont plus faibles ou même négatives au Nord, surtout après 2000 dans le cas de A. Ainsi, par rapport à l'état 1985, les émissions de MO et de MES ne seraient accrues au plus que de 20 % ou pourraient décroître de plus de 50 % en 2025 au Nord, alors qu'elles seraient doublées ou plus au Sud.

– Les évolutions au Nord, au Sud et à l'Est restent donc assez contrastées. Aux croissances nulles (T2) ou aux décroissances (T3, A) des émissions de MO et MES qui pourraient survenir au Nord après 2000, s'opposent des croissances au mieux ralenties (pour MO) mais nulles en aucun cas – même avec A – au Sud et à l'Est. Les émissions du Sud et de l'Est, un peu moindres que celles du Nord (pour MO) en 1985, l'emporteraient dès 2000 et l'écart avec le Nord s'accuserait en 2025.

Autant que d'explorer des avenirs possibles des rejets et des émissions, l'exercice permet de mettre en évidence quels seraient les taux d'épuration nécessaires en 2000 et 2025 pour au moins stabiliser, au mieux réduire les émissions finales par rapport au niveau actuel, donc, en d'autres termes, d'estimer quelles seraient les capacités d'assainissement et d'épuration complémentaires à installer et, d'abord, à programmer.

La séparation entre les émissions directement adressées à la mer et celles déversées dans les cours d'eau est fondée, les motivations des traitements réducteurs diffèrant selon les cas, mais elle reste relative. En effet, suivant les paramètres de pollution, tout ou partie des émissions dont les eaux continentales sont le premier récepteur est transporté ensuite à la mer par les cours d'eau, et plus précisément :

– l'essentiel des MES et MDT ;

– une partie seulement des MO, N et P sous l'effet des processus d'autoépuration dans les cours d'eau, qui dépendent fortement des distances et vitesses de parcours, donc des structures hydrographiques et des régimes ; on

peut penser que ces effets sont plus faibles dans les petits bassins côtiers et les zones littorales que dans les bassins plus étendus à l'intérieur, surtout au Nord.

Autrement dit les émissions dans les eaux continentales sont inégalement cumulables au niveau des impacts sur l'état du milieu, et les sommations opérées au tableau 20 (pour MO, N...) n'ont que le caractère d'un index statistique.

Tableau 20
Emissions finales de matières des collectivités dans le milieu (millions de tonnes par an)

Région	Scénario	Horizon	Emissions finales de matières : part déversée dans les eaux continentales				
			MO	MES	MDT	N	P
Nord	T2	2000	2,4	2,3	2,7	0,21	0,03
		2025	2,5	2,3	2,9	0,22	0,03
	T3	2000	2,2	2,1	2,7	0,20	0,03
		2025	2,0	1,9	3,0	0,17	0,03
	A	2000	1,6	1,5	2,5	0,14	0,02
		2025	0,9	0,8	3,3	0,08	0,01
Sud-Est	T2	2000	3,2	4,4	2,8	0,36	0,05
		2025	5,0	7,8	4,4	0,54	0,07
	T3	2000	3,0	4,0	2,8	0,34	0,04
		2025	4,75	6,6	5,1	0,52	0,07
	A	2000	2,4	3,0	2,8	0,25	0,03
		2025	2,7	3,7	4,9	0,29	0,03
Ensemble	T2	2000	5,6	6,7	5,5	0,57	0,08
		2025	7,5	10,1	7,3	0,76	0,10
	T3	2000	5,2	6,1	5,5	0,54	0,07
		2025	6,75	8,5	8,1	0,69	0,10
	A	2000	4,0	4,5	5,3	0,39	0,05
		2025	3,6	4,5	8,2	0,37	0,04

Conclusions sur les rejets des collectivités

Le principal enseignement à tirer des accroissements prévisibles de rejets bruts de matières par les collectivités, peu différents suivant les scénarios, est la mesure des efforts à accomplir si l'on voulait annuler toute émission dans le milieu (continental ou marin) aux horizons visés : objectif maximal théorique bien évidemment. Pour y parvenir les actions actuelles (équipements en service et efficacités de fonctionnement) d'assainissement et d'épuration, qui se traduisent par des quantités annuelles de matières "retirées" estimées respectivement à 850 Kt de MO et 900 Kt de MES au Nord, et 250 kt de MO et 400 kt de MES au Sud et à l'Est, seraient à multiplier par un facteur de :

– 4 à 5 aux horizons 2000 et 2025, au Nord

– 13 à 16 à l'horizon 2000, 22 à 27 à l'horizon 2025, au Sud et à l'Est

Ces chiffres sont évidemment très frappants et ne laissent pas d'être inquiétants.

Les différences entre les scénarios porteraient essentiellement sur les émissions finales, en fonction des objectifs et des possibilités effectives d'investissement et de fonctionnement efficace de l'assainissement et de l'épuration, aux trois plans des taux de collecte, des rendements des réseaux d'assainissement et des rendements d'épuration. Même dans le meilleur des cas (A) il semble peu réaliste que ces émissions puissent être complètement maîtrisées, même en 2025 ; mais suivant les scénarios elles pourraient varier, en 2025, pour MO et MES dans les rapports de 1 à 3 au Nord – avec plus ou moins de décroissance – et de 1 à 2 au Sud et à l'Est – avec plus ou moins de croissance –. Bien entendu, ces perspectives très moyennes pour le Nord et le Sud-Est dans leur ensemble sont trop globales. Des estimations, au moins par pays, et mieux, en distinguant zones littorales et arrière-pays, seraient évidemment plus pertinentes et indispensables pour définir des politiques d'action.

Enfin, il y a lieu de noter qu'on a laissé de côté dans ce chapitre une autre source d'impact des collectivités sur les qualités des eaux, notamment souterraines : les déchets solides, tout particulièrement les ordures ménagères des agglomérations. Suivant les volumes produits par habitant, les taux de ramassage, les conditions de mise en décharge ou de traitement (incinération), les impacts sur les eaux du milieu peuvent être d'ampleur et de localisation très diverses, de même qu'ils peuvent évoluer à l'avenir assez différemment. On peut penser que ces impacts pourraient croître plus avec le scénario T2 qu'avec T3 et moins avec A, et dans tous les cas plus au Sud et à l'Est qu'au Nord, en relation directe avec l'urbanisation.

2. Demandes de l'agriculture

La prospective a ici pour objets :

– les besoins en eau d'irrigation et les conséquences que leur satisfaction engendrent sur le milieu : prélèvements primaires et consommations finales en volume ;

– les charges de matières, notamment en nutriments, apportées aux eaux continentales par l'emploi des fertilisants, des pesticides, etc., transportées tant par les excédents d'eau d'irrigation retournant au milieu naturel que par les eaux d'infiltration dans les terres cultivées "en sec".

2.1. Besoins en eau d'irrigation et demandes conséquentes

Démarche et variables déterminantes

On notera d'abord que la démarche prospective, qui sera chiffrée en volumes d'eau moyens annuels, ne doit pas faire perdre de vue la forte saisonnalité intra-annuelle et les variations interannuelles de cette demande.

Par ailleurs, la prospective des demandes en eau d'irrigation ne peut se réduire à une démarche synthétique qui chercherait à déduire de diverses variables exogènes – à commencer par les populations – des coefficients multiplicateurs applicables aux demandes présentes. Ceci conduirait à calculer

des demandes en eau d'irrigation supérieures aux ressources en eau (renouvelables) naturelles totales dès l'horizon 2000 pour certains pays, l'Egypte étant sans doute le plus évident exemple.

Une approche analytique plus pertinente doit se baser sur la prospective de l'irrigation elle-même dans les pays méditerranéens, et de ses variables déterminantes de la demande en eau : extension, intensité, efficacité. Cette prospective est donc subordonnée à celle de la production agricole par l'irrigation liée principalement aux demandes alimentaires.

Cette approche, bien que macroscopique, devra aussi se fonder sur l'analyse de la filière de demande en eau d'irrigation qui relie les "besoins en eau des cultures" et les demandes des irrigants d'une part, aux prélèvements et aux consommations finales relatives au milieu d'autre part.

La prospective des demandes en eau agricoles (prélèvements, consommations) suivant cette démarche est donc subordonnée :

– à l'identification des variables adéquates ;

– à la disponibilité de données significatives sur les états initiaux -actuels- de ces variables, dans le bassin méditerranéen ;

– à la possibilité de prospective propre de ces variables et à leur sensibilité aux différents scénarios.

Les variables déterminantes de la demande en eau à considérer sont :

• Au niveau de l'**approvisionnement** (volumes d'eau à apporter aux cultures) :

– la superficie irriguée, en hectares ;

– la superficie irriguée et récoltée, produit de la superficie irriguée par le coefficient d'intensité culturale, en hectares ;

– la dose moyenne annuelle d'eau d'irrigation par hectare cultivé en année moyenne (= "besoins" unitaires en eau d'irrigation).

• Au niveau des **sollicitations** du milieu naturel :

– le taux moyen de pertes de transport appliqué aux prélèvements (évaporation, infiltration, etc.) ;

– le taux moyen de consommation (évapotranspiration) d'eau par les cultures.

De ces dernières dérivent deux variables souvent utilisées :

– le prélèvement par hectare irrigué.

– le coefficient de consommation finale appliqué aux volumes prélevés.

Les demandes globales en eau d'irrigation dans un pays ou un bassin, rapportées au milieu, prélèvements et consommations finales, se calculeront sur ces bases.

Les données macroscopiques relatives à la valeur actuelle de ces variables ne sont pas toutes cohérentes et elles se rapportent le plus souvent aux pays entiers plutôt qu'à leurs seules parties dans le bassin méditerranéen. En particulier, la superficie irriguée n'est pas partout définie sur la même base.

Il est à noter que la croissance des superficies irriguées dans le bassin méditerranéen a été généralement forte depuis la dernière guerre mondiale. Hormis dans les pays les plus irrigués (Egypte, Italie), la plus grande partie des superficies irriguées aujourd'hui a été créée après les années 1950 ; depuis, ces superficies ont doublé en Syrie, Turquie et Libye, triplé en

Tunisie, quadruplé en France et en Grèce, décuplé au Maroc. Cela souligne la nécessité de référer à des dates synchrones les essais de sommation et les comparaisons entre pays. Malheureusement les statistiques sont assez lacunaires et se réfèrent le plus souvent à des dates différentes.

Enfin les statistiques nationales de superficies irriguées ou "équipées à l'irrigation" ne sont que trop rarement subdivisées suivant les modes d'irrigation, ce qui empêche toute analyse plus fine des demandes en eau à partir de demandes unitaires propres à chaque mode et assez contrastées.

Parmi les données les plus communes, **la superficie équipée à l'irrigation** est la variable qui se prêterait le mieux à la prospective d'états futurs, dont la surface irriguée effectivement pourrait être déduite "en moyenne". Deux approches prospectives assez différentes, voire opposées, y font appel :

- Tantôt on prévoit uniquement la mise en irrigation de la totalité des superficies estimées actuellement "irrigables", toutefois sans toujours expliciter les critères d'irrigabilité (aptitudes des sols ou disponibilités en eau allouée à cette fin).
- Tantôt la superficie à irriguer est déduite des objectifs de production agro-alimentaire, indépendamment de limitations physiques – notamment des "disponibilités" en eau à cette fin –.

Dans les deux cas, les chiffrages obtenus (FAO, ICID, etc.) se rapportent aux pays entiers – mais sont parfois détaillés en projets régionaux – et les horizons ne vont guère au-delà de 2000. Les raccordements à tel ou tel scénario du Plan Bleu sont alors malaisés. Les approches par la demande, plus volontaristes, s'apparentent-elles plus au scénario tendanciel modéré (T3), tandis que les approches par la ressource correspondent-elles plus aux scénarios alternatifs, dans la mesure où elles tiennent mieux compte des plafonnements même si les délais fixés pour les atteindre sont eux-aussi ambitieux et volontaristes ?

L'examen de ces projections ou programmations du développement de l'irrigation apporte un premier enseignement : dans les pays ou régions à disponibilité en eau limitée, au-delà de l'emploi de la totalité du "potentiel irrigable", la production agro-alimentaire ne pourra croître, à superficie irriguée constante, que par intensification des irrigations et augmentation du coefficient d'intensité culturale (lorsque le facteur limitant est le sol), ou bien et surtout par augmentation d'efficacité de l'irrigation et de productivité, ou encore par appel à des ressources en eau non conventionnelles (eau usée réutilisée...).

Compte-tenu de doses d'irrigation maintenues ou réduites par des progrès d'efficacité, la prospective des demandes en eau agricoles, basée sur l'estimation de croissance des superficies irriguées, n'apparaît pertinente que si une marge de disponibilité en eau subsiste. Sinon la demande en eau relative au milieu (prélèvement) ne peut que se stabiliser ou diminuer.

Dans le cadre du Plan Bleu, d'autres estimations prévisonnelles ont été faites, où les chiffrages de superficies à irriguer sont un élément essentiel. La démarche repose sur un modèle économétrique de calcul des besoins de production alimentaire engendrés par les évolutions démographiques spécifiques à chaque scénario, dont les superficies irriguées sont une des variables

résultantes. Ces superficies prennent en compte des coefficients d'intensité culturale ; aussi permettent-elles le calcul de demandes en eau à partir de doses d'irrigation unitaires invariantes.

De même, **les doses moyennes d'apport d'eau d'irrigation aux parcelles** peuvent faire l'objet de prospective à l'échelle nationale, où l'on préfère généralement les prendre en compte implicitement en jouant sur les coefficients d'intensité culturale et en conservant une demande constante à l'hectare.

Il est cependant intéressant d'envisager une diminution de la demande par hectare (qui a été obtenue par exemple en Israël au cours des 30 dernières années), de pair avec l'objectif de réduire encore la demande globale de l'agriculture, mais elle devrait évoluer néanmoins vers une stabilisation. La prospective de cette demande unitaire est évidemment subordonnée à celle du développement effectif des techniques d'irrigation modernes économes en eau (aspersion, micro-irrigation) et des investissements qui pourront être réalisés à cette fin, plus encore qu'à celle d'éventuelles transformations des cultures. Il faut aussi noter que les changements de technique d'irrigation s'accompagnent d'incidence sur les demandes en qualité d'eau. Deux sortes d'eau d'irrigation peuvent, en effet, être demandées : eau chargée, éventuellement en fertilisants, pour l'irrigation gravitaire traditionnelle ; eau claire pour l'irrigation moderne par aspersion ou "micro-irrigation". Les unes et les autres ne sont pas interchangeables.

L'évolution à venir des **taux de pertes de transport** aussi bien que celle des **efficacités d'irrigation**, dont dépendent les consommations en eau des cultures et les retours d'eau en conséquence, sont elles aussi liées très directement à la progression de la modernisation des réseaux – notamment des canalisations fermées – et des techniques d'arrosage, progrès que peuvent entraver les structures foncières au plan des équipements, et que peuvent limiter les coûts énergétiques au plan du fonctionnement.

La prospective des transformations et des modernisations des techniques d'irrigation joue donc ici un rôle essentiel pour projeter les demandes en eau tant prélevée que consommée. Elle est évidemment fonction de la prospective des investissements à cette fin et c'est probablement là le principal facteur limitant : à raison de 20 000 à 25 000 $/ha, compte-tenu des capacités financières du secteur agricole, peut-on compter sur des progressions assez amples ?

Quoiqu'il en soit, les superficies irriguées, tant qu'elles ne seront pas plafonnées par les ressources en sol et/ou en eau, devraient évoluer surtout en fonction des populations, dont les projections diffèrent peu suivant les scénarios au Nord et davantage au Sud et à l'Est. C'est seulement dans les pays où l'expansion "horizontale" de l'agriculture irriguée sera liée à la croissance économique plutôt qu'aux contraintes physiques et en 2025 plus qu'en 2000, que des écarts significatifs de superficies irriguées pourraient dépendre des scénarios, notamment en Espagne, en Turquie et dans une moindre mesure au Maroc et en Algérie : croissance plus forte dans les scénarios alternatifs et secondairement, dans le scénario tendanciel modéré.

On peut par ailleurs estimer que les efforts de modernisation des équipements et des techniques d'irrigation, et par conséquent les demandes en eau unitaires – prélèvements et consommations – qui en découlent, devraient être plus différenciés suivant les scénarios.

Dans le modèle économétrique choisi par le Plan Bleu pour évaluer les besoins de production alimentaire, des estimations de superficies à irriguer ont été chiffrées pour sept pays. Les demandes en eau à prélever correspondantes peuvent être calculées.

On obtient ainsi pour ces pays un premier ensemble de pronostics de demandes en eau d'irrigation aux horizons 2000 et 2025. Hormis le cas de la Libye (effets de plafonnement présumé), on prévoit des croissances sensiblement plus fortes dans les scénarios A par rapport aux scénarios tendanciels, avec des progressions relatives plus rapides dans les pays du Sud.

Tableau 21

Accroissements relatifs des superficies irriguées de certains pays méditerranéens (base 100 = 1980)

Pays (entier)	Horizon	Accroissements relatifs des superficies irriguées (base 100 = 1980)		
		T2	T3	A
Espagne	2000	104	108	107 à 113
	2025	110	120	132 à 149
Italie	2000	108	120	116 à 122
	2025	120	150	139 à 157
Turquie	2000	111	124	141
	2025	125	155	193
Syrie	2000	100	109	128
	2025	125	150	182
Libye	2000	107	107	107
	2025	115	115	115
Tunisie	2000	119	131	138 à 151
	2025	149	186	208 à 256
Maroc	2000	122	139	165
	2025	150	187	245

Source : Plan Bleu.

La prospective des demandes en eau d'irrigation suivant l'approche analytique adoptée dans ce travail est fondée sur les bases et les voies suivantes :

- Elle s'en tient au bassin méditerranéen, donc ne prend en considération que les parties comprises dans le bassin pour les pays "partagés".
- Elle prend en compte les plafonnements des prélèvements par les ressources pouvant limiter la croissance dès 2000 ou en 2025, selon les pays et les scénarios.

• Elle a adopté comme valeurs initiales des superficies irriguées celles se référant à l'année 1980 ou à l'année la plus proche, ajustées lorsqu'il y a lieu au bassin méditerranéen (en proportion d'états antérieurs connus pour ces zones).

• Elle a calculé les superficies irriguées et récoltées initiales en multipliant les valeurs des superficies irriguées (1980) par les coefficients d'intensité culturale (moyennes nationales, déterminées par le modèle choisi par le Plan Bleu).

• Elle a appliqué des coefficients d'accroissement de ces superficies irriguées et récoltées, déduits des résultats du modèle économétrique pour les sept pays traités par le Plan Bleu, et inspirés de ceux-ci pour les autres pays.

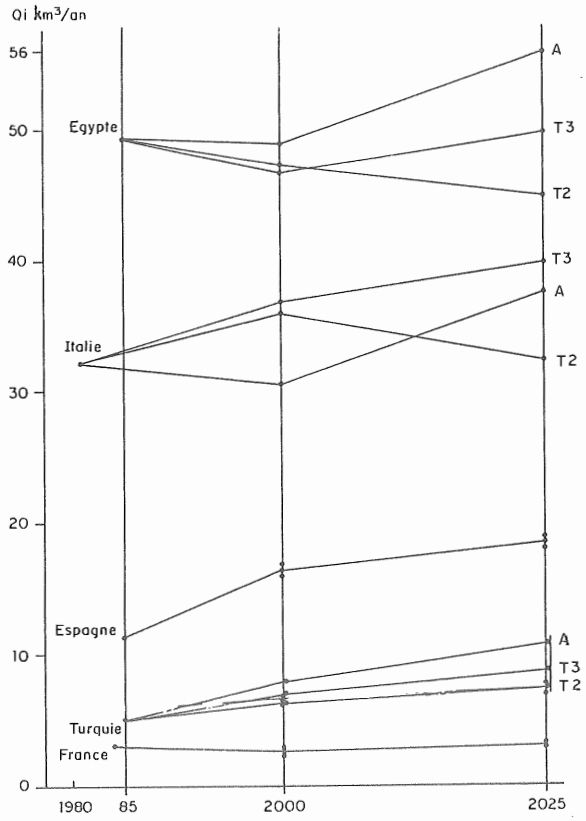
• Elle a admis que les prélèvements unitaires moyens actuels seront maintenus aux horizons 2000 et 2025 dans les scénarios T2 (sauf dans le cas d'Israël où la décroissance tendancielle pourrait se poursuivre), mais pourront décroître un peu dans les scénarios T3, du fait de la modernisation des techniques d'irrigation, et davantage dans les scénarios A (pour s'adapter à des prélèvements globaux plafonnés ou même pour permettre leur réduction).

• Elle a appliqué, pour l'estimation des consommations finales, des coefficients égaux en 2000 à ceux admis actuellement, dans les scénarios T2, un peu accrus dans les scénarios T3 et A, et en 2025 dans tous les scénarios. Ces coefficients ne pourraient excéder 0,9, notamment dans les pays les plus arides, compte tenu des nécessités de lessiver les sols pour prévenir leur salinisation ; ils resteraient donc sensiblement inférieurs tant que les modes d'irrigation gravitaires seraient prédominants, à moins d'un taux élevé de réutilisation des eaux de drainage.

Par ailleurs, on s'est efforcé d'accorder les résultats avec les indications données directement sur des demandes futures en eau d'irrigation dans quelques scénarios nationaux disponibles.

Le tableau 22 présente l'ensemble des résultats – prélèvements Qi et consommations Ci – par pays (dans le bassin méditerranéen) et par horizon suivant les scénarios T2, T3 et A calculés à partir des valeurs variables adoptées. La figure 14 illustre la prospective des prélèvements dans les pays les plus irrigués. Il va de soi que ces résultats sont très sensibles à la validité des données de bases admises, bien qu'on se soit efforcé de les ajuster sur les valeurs initiales estimées dans les différents pays, et des hypothèses adoptées.

Figure 14
Prélèvements en eau pour l'irrigation, calculés pour les pays les plus preneurs



Les résultats relatifs aux prélèvements peuvent être globalisés par groupes de pays et pour l'ensemble du bassin méditerranéen comme suit :

Prélèvements : Qi (km^3/an) :

	Qi initial (1980)	Horizon	Scénarios T2	T3	A
Pays du Nord		2000	62	64	57
(Europe) : Espagne à Grèce	52	2025	61	70	68,5
Pays de l'Est		2000	10	10,8	11,2
(Asie) : Turquie à Israël	10	2025	10,6	12,5	14
Pays du Sud		2000	55	56	56,5
(Afrique) : Egypte à Maroc	56	2025	53,6	57	65
Ensemble		2000	127	131	124
(arrondis)	118	2025	125	140	147,5

Tableau 22
Dmandes en eau d'irrigation dans le bassin méditerranéen

Bassin méditerranéen (par pays)	Superficie irriguée* actuelle (~ 1980) 1 000 ha	Horizon	Scénario tendanciel aggravé T2		Scénario tendanciel modéré T3		Scénario alternatif A	
			Qi km³/an	Ci km³/an	Qi km³/an	Ci km³/an	Qi km³/an	Ci km³/an
Espagne	2060	2000	16,5	14	17	14,5	16	14,4
		2025	18	15,3	18,5	15,7	19	17
France	350	2000	2,8	1,7	3	2,1	2,7	2,15
		2025	3	2,1	3,4	2,7	3,4	2,9
Italie	3 625	2000	36	14,4	37	18,5	30,5	21,3
		2025	32,4	16,2	40	24	37,8	30,2
Yougoslavie	80	2000	0,3	0,2	0,4	0,25	0,37	0,26
		2025	0,3	0,2	0,45	0,3	0,4	0,32
Albanie	370	2000	2	1,6	2,3	1,8	2	1,7
		2025	2,3	1,8	2,5	2	2,1	1,8
Grèce	1 150	2000	6,3	3,8	6,5	3,9	7	4,9
		2025	6,9	4,8	7,8	5,5	7,8	6,2
Turquie	1 150	2000	6,3	3,8	6,9	4,8	8	5,6
		2025	6,9	4,8	8,6	6,9	10,9	8,7
Chypre	110	2000	0,6	0,4	0,84	0,6	0,6	0,5
		2025	0,65	0,45	0,8	0,65	0,6	0,55
Syrie	55	2000	1,5	1	1,7	1,4	1,5	1,1
		2025	1,6	1,2	1,8	1,5	1,4	1,2
Liban	95	2000	1	0,6	1,15	0,8	0,85	0,7
		2025	1,15	0,7	1,2	1	0,9	0,8
Israël	240	2000	1,37	1	1,45	1,15	1,2	1,1
		2025	1,25	0,94	1,27	1,15	1,05	0,95
Egypte	4 500	2000	47,4	42,7	47	42,3	49	44
		2025	45	40,5	50	45	56	50,4
Libye	240	2000	3	2,1	3,2	2,55	2,5	2,25
		2025	2,75	2,06	2,9	2,5	2,4	2,15
Tunisie	200	2000	2,1	1,25	2,3	1,6	2,3	1,8
		2025	2,4	1,7	2,5	2	2,3	2,1
Algérie	200	2000	1,5	0,9	2,1	1,5	2,2	1,75
		2025	1,8	1,25	2,8	2,25	3	2,7
Maroc	110	2000	1,3	0,8	1,4	1	1,4	1,1
		2025	1,65	1,15	1,7	1,4	2,1	1,9

Qi = prélèvements en eau (km³/an) ; Ci = consommation finale (km³/an)
Note : Pour le Liban, Israël, l'Egypte, la Libye, la Tunisie et l'Algérie, les demandes se rapportent à l'ensemble du territoire national.
* Superficie irriguée multipliée par le coefficient d'intensité culturale.

Aucun écart n'est ici significatif, ni entre les scénarios à l'horizon 2000, ni entre les horizons 2000 et 2025 dans le scénario T2. Si l'on considère les incertitudes inhérentes aux hypothèses de la démarche, on notera surtout :

- une légère décroissance possible entre 2000 et 2025 tant au Nord qu'au Sud, dans le scénario T2 ;

• des croissances modérées entre 2000 et 2025 dans le scénario T3 seulement au Nord et à l'Est, mais des croissances plus affirmées partout dans les scénarios A ;

• une stabilité des proportions respectives des prélèvements des pays du Nord et des pays de l'Est et du Sud (à peu près 50/50) dans les scénarios T2 et T3 en 2000 comme en 2025, et un léger basculement en faveur des seconds (46/54) dans les scénarios A, aux deux horizons ;

• des prélèvements calculés dans les scénarios T3 plus élevés que ceux de A dans les pays du Nord (aux deux horizons), alors que c'est l'inverse dans les pays du Sud et de l'Est, où les scénarios A entraîneraient les plus fortes croissances ;

• le maintien, dans tous les cas, des poids dominants de deux pays -l'Italie au Nord, l'Egypte au Sud- dans les prélèvements d'eau pour l'irrigation dans le bassin :

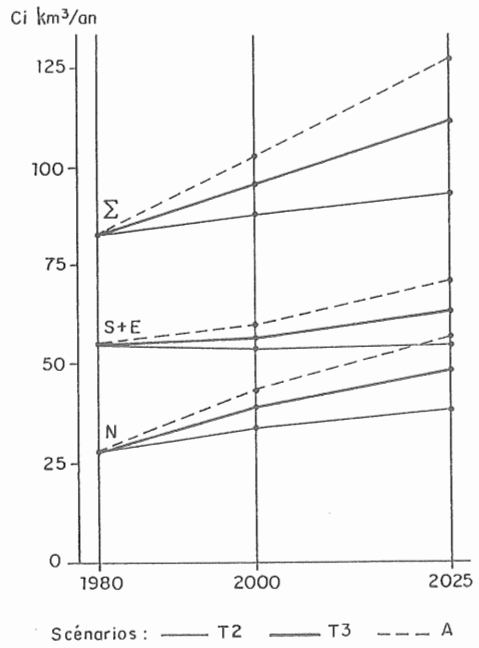
– l'Italie : toujours entre 50 et 60 % des pays du Nord,

– l'Egypte : toujours entre 84 et 88 % des pays du Sud.

Quant aux consommations finales calculées, leurs évolutions présenteraient des écarts significatifs suivant les scénarios, avec des croissances plus fortes en A, modérées en T3, plus faibles en T2 – avec même une légère décroissance au Sud, surtout avant 2000 –, mais dont l'accélération après 2000 dans les pays du Sud et de l'Est contraste avec une décélération au Nord (dans tous les scénarios), ce qui se traduirait globalement par des croissances quasi-linéaires (fig. 15).

Figure 15

Consommations finales en eau par l'irrigation dans le bassin méditerranéen, suivant les scénarios



Là encore la plus grande part des volumes consommés est, dans tous les cas, le fait de l'Italie et de l'Egypte. Ces tendances sont toutefois le reflet direct des hypothèses d'accroissement des taux de consommation finale qui sont peut-être optimistes dans certains cas (elles sont néanmoins admises constantes en Egypte).

Conclusions sur les demandes en eau d'irrigation

La démarche macroscopique de la prospective des demandes en eau d'irrigation à partir de celle des irrigations elles-mêmes ne peut éviter de marier l'approche par les "besoins" (objectifs de production agro-alimentaire promoteurs de l'irrigation) et l'approche par l'"offre", c'est-à-dire par les ressources. Celles-ci peuvent constituer un facteur limitant, d'autant plus que la demande en eau d'irrigation domine largement les demandes en eau totales dans la plupart des pays du bassin (seules exceptions : France et Yougoslavie). Les évolutions des demandes en eau sollicitant le milieu naturel – prélèvements et consommations finales – ne sont donc pas commandées seulement par celles des irrigations théoriquement nécessaires pour suivre les demandes alimentaires.

En fait deux limitations de ressource distinctes peuvent différemment influencer la demande en eau d'irrigation :

– la limitation des ressources en sols "aptes à l'agriculture irriguée", qui peut notamment résulter dans les zones littorales de conflits d'occupation du sol, tendra plutôt à faire croître les coefficients d'intensité culturale, donc à accroître la demande en eau à superficie irriguée égale – croissance néanmoins tempérée ou compensée par des progrès d'efficacité à motivation économique –. Ce schéma se présente plutôt dans les pays du Nord

– la limitation des ressources en eau tendra à plafonner la demande de prélèvement et à faire croître aussi l'efficacité des irrigations et les économies d'eau et/ou la réutilisation des eaux de drainage. Ce schéma se présente plutôt dans les pays du Sud et de l'Est (surtout de la Tunisie à Israël et Chypre).

On peut surtout prévoir le passage d'une progression quantitative des demandes en eau, déterminée d'abord par celle des superficies irriguées et satisfaite par l'aménagement des ressources en eau conventionnelles ou "primaires", à une progression plus qualitative où la variable "superficie irriguée" ne sera plus prépondérante mais relayée par les coefficients d'intensité culturale, par l'efficacité d'irrigation et par la part des besoins en eau d'irrigation satisfaits par d'autres sources d'approvisionnement.

2.2. *Rejets agricoles et impacts sur les eaux*

De même que les autres facteurs anthropiques de qualités – et de changements de qualités – des eaux du milieu naturel, les rejets des activités agricoles proprement dites [1] qui atteignent ces eaux se prêtent malaisément à

1. A l'exclusion des rejets de l'élevage, plus particulièrement de l'élevage "hors-sol" intensif, qui s'apparentent plutôt à ceux d'industries agro-alimentaires ou s'aggrègent à ceux des collectivités rurales.

des estimations macroscopiques. Celles-ci, de toute façon, ne sont pas adaptées à l'échelle pertinente pour les évaluations ou les prévisions d'impact, tant sur les eaux continentales que, par l'intermédiaire de celles-ci, sur les eaux marines.

Les "rejets" de l'agriculture à considérer sont essentiellement les quantités de fertilisants, d'engrais azotés, phosphatés, potassiques, et aussi de divers pesticides, apportés aux sols cultivés et non consommés. Ces "rejets" ne se transforment, ni automatiquement ni surtout immédiatement, en apports aux eaux continentales, du fait de l'importance et de la complexité des fonctions capacitives des sols. Du fait aussi qu'une partie des engrais entraînés par les eaux de drainage peut être "réutilisée" lorsque celles-ci le sont. Aussi seuls les rejets, en tant que facteurs d'impacts, plutôt que ces impacts sur les eaux continentales eux-mêmes, pourront être matière à prospective.

Démarches et variables déterminantes

A défaut d'un accès direct à la connaissance des quantités de diverses matières, notamment des engrais, libérées dans l'environnement et aboutissant aux eaux continentales, la démarche analytique formalisée dans la "chaîne des rejets d'origine agricole", combine deux approches macroscopiques :

(1) Une approche par l'amont basée sur deux variables de décision :

– Superficie agricole utilisée ("SAU"), dans le bassin méditerranéen de chaque pays ;

– Quantités d'engrais "nutriments" – azotés et phosphatés – apportés aux terres cultivées, en moyenne par hectare de SAU dans chaque pays, et leurs proportions respectives.

Les statistiques de SAU se réfèrent soit aux pays entiers, soit à leurs subdivisions administratives ; cela rend difficile l'estimation de ces superficies dans le bassin méditerranéen qui coïncident souvent mal avec les seules "régions méditerranéennes". Un certain flou s'en suit dans les pays partagés. En outre la SAU à considérer ici équivaut en pratique aux superficies de terres arables et de cultures permanentes, donc excluant les prairies permanentes et terrains de parcours, mais les statistiques nationales sont imparfaitement cohérentes à ce sujet.

Quant aux quantités d'engrais utilisés par hectare ("consommées" au sens des statistiques d'économie agricole), les estimations de leurs valeurs actuelles résultent elles-mêmes des quotients calculés : quantités globables/ SAU dans chaque pays.

(2) Une approche par l'aval basée sur la variable d'état : quantités de nutriments apportées à la mer Méditerranée par les fleuves qui s'y déversent et présumés d'origine agricole.

Les valeurs actuelles de ces quantités ont fait l'objet d'estimations récentes par une modélisation plus ou moins simplificatrice calculant ces flux de matières à partir des intrants, y compris des enrichissements en nutriments attribuables à l'élevage. Selon une étude de la FAO (1977) qui fournit des estimations par pays, les quantités globales de nutriments déversés en Méditerranée (à l'exclusion des flux originaires d'Egypte et de Libye) en 1975

se seraient élevées, en proportion des quantités d'engrais apportés aux cultures dans le bassin, à 57 % pour les matières azotées et 54 % pour les matières phosphatées.

Il s'agit d'une approche par excès des quantités issues des seuls lessivages des terres fertilisées par les eaux de ruissellement et d'infiltration dans le bassin, car elle inclut aussi les éléments associés aux matières en suspension provenant de l'érosion des sols.

Les superficies agricoles utilisées sont présumées décroissantes globalement jusqu'à l'horizon 2000 dans tous les scénarios, mais davantage avec T3 et moins avec A. A l'horizon 2025, seuls les scénarios tendanciels prévoient une reprise de croissance, mais en ne dépassant le niveau de référence de 1980 qu'avec T2. Ces tendances globables seraient influencées surtout par la "déprise agricole" dans les pays du Nord (sauf entre 2000 et 2025 dans le scénario T2), car dans les pays du Sud les superficies agricoles devraient croître dans tous les scénarios, plus en T3 qu'en T2 et A.

Les apports d'engrais par hectare pourraient évoluer de manières plus différenciées selon les scénarios : croissance la plus forte avec les scénarios A, moyenne avec T3 ; plus faible avec T2. Ils devraient croître parallèlement au développement des irrigations, mais décroître avec les scénarios T3 et surtout A.

Prospective des rejets agricoles

Seuls les rejets issus des utilisations d'engrais ont pu faire l'objet dans le Plan Bleu d'un exercice de prospective reliée aux différents scénarios. On en rappellera ici l'essentiel :

En ce qui concerne les quantités d'engrais azotés et phosphatés apportés aux terres cultivées dans les "régions méditerranéennes" (sauf Libye) par rapport à la situation de référence en 1980, (engrais azotés : 3,7 Mt, engrais phosphatés : 2,1 Mt), on aboutit à des croissances faibles à nulles, voire une décroissance des engrais azotés avec T3, à l'horizon 2000 dans les scénarios tendanciels, contrastant avec une croissance moyenne à cet horizon dans les scénarios A ; à l'horizon 2025 des croissances moyennes dans le scénario T3 et fortes dans les scénarios A et surtout T2.

En ce qui concerne les quantités rejetées, toujours par rapport aux états estimés en 1980 (rejets azotés : 2,1 Mt, rejets phosphatés : 1,1 Mt), les accroissements relatifs seraient nettement plus amples que ceux des quantités d'engrais apportés aux cultures et par conséquent que ceux des consommations : ce qui implique des croissances des taux de rejet globaux apparents, pour les engrais azotés comme pour les phosphatés. Les accroissements de rejets seraient beaucoup plus accusés en 2025 qu'en 2000, plus forts avec les scénarios T2 et A et les plus faibles en T3. Un examen des variations calculées par pays conduirait évidemment à diversifier ces résultats globaux.

Quant aux autres rejets agricoles pouvant atteindre les eaux continentales, notamment les pesticides, on n'est pas en mesure d'explorer leur devenir, tant par manque de données assez complètes et homogènes sur leur utilisation actuelle, que faute de guide sur les facteurs de croissance de leur emploi et de leurs rejets ou de leurs plafonnements éventuels. On pourra tout

au plus admettre des évolutions accompagnant avec parallèlisme celles des emplois de fertilisants, au moins jusqu'en 2000, mais plus problématiquement au-delà.

De la prospective sommaire, effectuée par le Plan Bleu, des rejets agricoles pouvant atteindre les eaux continentales et perturber leurs qualités – autrement dit des "demandes" que l'agriculture adresse au milieu naturel en aval de son activité –, et plus particulièrement des résultats de la quantification tentée sur les engrais, on peut retenir que les émissions de nutriments, facteurs de pollution, devraient croître sensiblement mais sans écarts considérables suivant les scénarios : d'un facteur 1,3 à 1,6 (rejets azotés) ou 1,2 à 1,5 (rejets phosphatés) à l'horizon 2000 ; d'un facteur 1,9 à 2,7 (rejets azotés) ou 1,9 à 2,4 (rejets phosphatés) à l'horizon 2025.

Ces résultats sont à utiliser avec beaucoup de prudence, pour les raisons déjà soulignées :

– incertitudes sur l'estimation des variables servant au calcul des émissions initiales, ainsi que sur les hypothèses inhérentes aux estimations des coefficients multiplicateurs propres à chaque scénario ;

– surestimation probable des taux de rejets du fait de la prise en compte parmi les flux de nutriments transportés jusqu'à la Méditerranée d'autres contributions que celle des activités agricoles proprement dites, notamment celles de l'érosion des sols.

Par ailleurs les rejets de l'agriculture ne sont pas directement ni surtout instantanément convertibles en apports aux eaux continentales. Comme on l'a déjà dit, pour passer de l'estimation des masses d'engrais répandus sur les sols cultivés à la supputation des quantités résiduelles reçues par les eaux du milieu naturel, l'application d'un simple taux de rejet n'aurait de sens que si les transferts de matière étaient en régime stable. En régime de croissance des intrants agricoles intervient un large retardement des effets sur les eaux réceptrices : les masses de matière reçues par l'eau une année donnée sont déterminées non par celles apportées au sol la même année, mais par l'action des facteurs de lessivage du sol sur le stock accumulé au cours de nombreuses années précédentes. Il y a donc décalage et atténuation entre la variation des flux de matières reçus par les sols et ceux qui aboutissent aux eaux continentales. Ce qui est vrai en régime de croissance l'est aussi en régime de décroissance volontaire des intrants dont les conséquences seraient également retardées et amorties.

En somme, il ne faut pas confondre l'évolution des macro-indicateurs de rejets calculés avec celle de leurs conséquences sur l'eau.

Enfin, et surtout, une approche globale est mal adaptée à la confrontation entre les émissions et le milieu récepteur, d'où pourrait procéder la prévision des impacts sur les qualités des eaux. La sommation des rejets, indépendamment de la répartition de leurs sources dans l'espace, notamment en fonction de la structuration des systèmes d'eau récepteurs, ne permet pas de les faire correspondre à ces derniers. Même si l'on peut augurer que des accroissements globaux de rejets et des charges reçues par les eaux détermineront des dégradations de qualités de celles-ci, il n'est pas possible d'établir une relation quantitative, ne serait-ce que "statistique", entre la somme des fac-

teurs et l'état général résultant pour lequel il n'existe aucun indice synthétique. L'indice des causes ne sera pas nécessairement un indicateur des effets.

3. Demandes des industries

Comme les demandes relatives à l'eau des collectivités urbaines, les demandes des industries non desservies par les réseaux de distribution publique d'eau potable, ni raccordées aux réseaux d'assainissement, se traduisent en amont des usages par des prélèvements et en aval par des consommations nettes et des émissions finales de matières. Mais les uns comme les autres sont plus complexes et plus difficiles à globaliser que ceux des collectivités, tant pour estimer leurs états actuels que pour conjecturer leurs avenirs possibles : si les demandes en volume se laissent cumuler, les rejets de matières et les émissions qui s'en suivent sont trop diversifiés pour être représentés par des indicateurs simples et peu nombreux se prêtant à des sommations. Les deux catégories de demandes seront néanmoins objets d'un essai de prospective.

3.1. Demandes en quantité : prélèvements

Démarche et variables déterminantes

Les facteurs déterminants des prélèvements des industries auto-approvisionnées sont identiques à ceux des demandes que les industries desservies adressent aux systèmes de distribution. Ce sont d'abord les demandes par unité de produit, demandes elles-mêmes très sensibles aux usages industriels de l'eau et très variées, et les volumes de production. Une subdivision des demandes en eau industrielles croisant leur répartition par branche et leur répartition par usage serait la manière la plus pertinente de les décrire. Mais les sommations par classes d'usage – tant en prélèvements qu'en consommation – se relient mal à des indicateurs macroéconomiques identifiables.

Déjà la connaissance des demandes actuelles, répartie suivant une telle grille, est fort inégale selon les pays et elle relève plus de "prévisions du présent", résultant de calculs analytiques basés sur des standards unitaires moyens et sur des statistiques de production, que d'inventaires méthodiques directs. Leur projection dans la même optique impliquerait au moins un jeu d'hypothèses sur les évolutions propres à chaque branche et sur leurs productions, ou au mieux une véritable modélisation du système industriel lié au contexte socio-économique et à de nombreuses variables exogènes. De tels essais ont été entrepris en Italie et en France pour pronostiquer les demandes en eau industrielles à l'horizon 2000.

Une démarche analytique de ce genre ne peut cependant être généralisée, par défaut de données adéquates ou de scénarios assez détaillés dans la plupart des pays méditerranéens, surtout au-delà de l'horizon 2000. Elle s'accorde donc mal à l'échelle macroscopique de l'exercice.

Une seule variable exogène utilisable pourrait être l'emploi, sujet à statistiques actuelles et à projections : des essais d'estimation des demandes unitaires (d'approvisionnement) en eau industrielle par emploi ont été tentés

mais ne dispensent pas de procéder par branche ; la demande par emploi est aussi sensible que la demande par unité de produit aux techniques d'usage productif de l'eau, et elle peut évoluer en outre avec le ratio production par emploi. C'est donc loin d'être une variable aussi simple que la population pour les demandes en eau potable... De plus elle n'est pas spécifique aux industries non desservies.

On est alors contraint de se replier sur une approche beaucoup plus sommaire et peu analytique basée sur les supputations d'évolution possible des demandes en eau industrielles globales (indifférenciées), à partir de leur niveau actuel estimé, en fonction de facteurs généraux comme :

– la production industrielle décrite par un indicateur macro-économique ;

– le taux global d'auto-approvisionnement en eau de l'ensemble des industries (part de l'industrie non desservie sur la demande en eau industrielle totale) ;

– la part prise par le recours à l'eau de mer, en substitut à l'eau douce pour certains usages, par les industries localisées sur le littoral ;

– les changements des techniques de production et d'usages d'eau à incidence sur les demandes en eau totales, notamment les taux de recyclage interne.

Ce sont autant de facteurs, malaisés à identifier à l'échelle macroscopique, dont il conviendrait pourtant d'élucider les degrés d'instabilité et les sensibilités aux scénarios. On peut en tous cas penser que la relation entre la production industrielle future et les demandes en eau n'est rien moins que linéaire...

Par ailleurs, comme dans les autres secteurs, les regards prospectifs devront être portés sur les territoires méditerranéens, ce qui ajoute une incertitude et une complication inhérente aux pays "partagés", mais aggravée dans le cas de l'industrie car le tissu des implantations industrielles dans un pays est plus mutant, sur une quarantaine d'années, que les structures urbaines ou agricoles...

Situations présentes

Les prélèvements en eau des industries non desservies, dans le bassin méditerranéen, ont fait l'objet d'estimations dans la plupart des pays, avec des approximations diverses, dans les années 80 ; des consommations finales globales en ont été déduites. Les taux appliqués aux prélèvements pour calculer ces consommations ont été toujours supposés faibles (ordre de 5 %), celles-ci étant présumées dues essentiellement à l'évaporation ou aux incorporations aux produits ; ce faisant on a négligé les rejets directs d'eau usée en mer, qui ne paraissent cependant pas accessoires dans certains pays (par exemple en Italie) pour lesquels les consommations finales inscrites sont donc sans doute sous-estimées.

Les pays du Nord prélèveraient et consommeraient plus des 2/3 du total. Les indications disponibles sur les proportions des demandes en eau totales des industries satisfaites par auto-approvisionnement sont rares, mais heureusement se rapportent aux pays les plus industrialisés du Nord (Espagne, France, Italie), où ces parts seraient apparemment fortes : 80 à

90 %. Ces proportions doivent varier selon les branches industrielles : quasi 100 % pour les industries lourdes (sidérurgie) et les branches à forte demande unitaire (chimie, pétrochimie, papeteries, cimenteries...), plus faibles pour les industries manufacturières insérées dans les tissus urbains.

Néanmoins cela autorise à admettre que les demandes en eau des industries non desservies correspondent généralement à l'essentiel des demandes industrielles totales et que leur évolution pourra être valablement projetée en fonction des indices de productions industrielles dans leur ensemble.

Enfin, les indications sur les taux moyens de recyclage global de l'eau par l'industrie, à l'échelle des pays, sont quasi inexistantes. Ce taux doit déjà être appréciable dans les pays ou les régions où l'industrie, desservie ou non, affronte des difficultés d'approvisionnement autonome, ou bien se trouve soumise à des incitations à économiser l'eau par des redevances de prélèvement ou une tarification progressive de l'eau marchande, comme en Tunisie. A ce propos, des pressions similaires visant à réduire les rejets "polluants" ont aussi un effet réducteur sur les prélèvements, le développement des "techniques propres" et d'auto-épuration par l'industrie impliquant souvent des réductions des flux d'eau dans les circuits ouverts (exemple : en France où la décroissance actuelle des prélèvements en eau par l'industrie s'explique en partie par là).

Sensibilités des facteurs d'évolution aux scénarios

Comme l'indiquent le Plan Bleu et son fascicule relatif à l'industrie, les productions industrielles devraient croître différemment suivant les scénarios, en fonction des variantes de "développement économique" envisagées, mais tout autant suivant les "régions" : croissances présumées plus fortes au Sud et à l'Est qu'au Nord, évoluant vers un certain rééquilibrage.

Des croissances annuelles de 3 à 4 % au Nord, de 3,6 à 6,25 % au Sud et à l'Est seraient possibles entre 2000 et 2025, ce qui correspondrait à un doublement au Nord, et à 1 à 3 doublements au Sud et à l'Est.

Ces croissances différenciées s'appliqueraient surtout aux industries manufacturières, tandis que les branches d'industrie lourde pourraient suivre des évolutions propres, plus contrastées entre régions Nord et Sud qu'entre scénarios.

• Ce sont les **facteurs techniques** qui auront probablement les impacts les plus amples sur les demandes en eau, notamment par le développement du recyclage, mais aussi les plus difficiles à prévoir globalement après 2000. Les diminutions des demandes unitaires (par produit, par emploi) qui s'en suivront pourraient être plus notables et plus générales au Sud et à l'Est qu'au Nord, sous l'empire des nécessités, avec tous les scénarios, tandis qu'elles pourraient être plus accentuées au Nord avec le scénario A, sous la pression d'incitations "économiques", notamment pour réduire les rejets polluants plutôt que les coûts d'approvisionnement. Les effets globaux sur les demandes seraient dans l'ensemble plus amples que ceux des évolutions de production : des croissances de production industrielle ne seraient pas incompatibles avec des stagnations ou même des décroissances des demandes en eau douce, au moins quant aux prélèvements.

• Les **taux d'auto-approvisionnement** devraient demeurer élevés dans tous les scénarios, sauf pour les branches manufacturières – surtout au Sud –. Sans doute plus avec A qu'avec T2 et surtout T3 au Nord, où les politiques tarifaires des distributeurs d'eau aux collectivités (pratique d'une forte dégressivité en faveur des abonnés industriels pour accroître les volumes distribués et les recettes...) pourraient atténuer, voire neutraliser l'intérêt de l'auto-approvisionnement pour les industries modérément "consommatrices" installées dans les agglomérations urbaines.

Prospective des prélèvements industriels

Il ressort des analyses précédentes que l'évolution future des demandes en eau des industries non desservies devrait être loin de se calquer sur celle des productions industrielles, en tous pays et quels que soient les scénarios.

On peut penser que, pour des raisons différentes, les demandes en eau des industries en 2000 devraient rester bien inférieures à celles pronostiquées par certains plans ambitieux, soit parce que les productions industrielles progresseront moins qu'on ne le pensait (notamment au Nord et y compris avec le scénario T3), soit parce que leur croissance devra s'accompagner d'une adaptation de leurs demandes en eau (progrès du recyclage, usages d'eau de mer, etc.) aux offres. En fait, à l'échelle macroéconomique, l'eau n'est pas un facteur limitant primordial du développement industriel et les demandes en eau s'avèrent très flexibles. Ceci ne contredit pas l'importance, comme facteur de localisation, des possibilités d'approvisionnement en eau en quantité et qualités requises, et à "bon marché".

Ceci dit, pour la prospective des demandes, on voit que les inconnues l'emportent sur les effets identifiables de certains facteurs. Aussi des chiffrages des variables déterminantes, même sous forme de macro-indicateurs sommaires, par pays ne paraît pas possible. On tentera seulement, à partir des états actuels, de supputer quelles pourraient être les évolutions les plus vraisemblables des demandes en eau globales pour l'ensemble des pays du Nord et celui des pays du Sud et de l'Est.

– **Scénario T2** :

Au Nord, stagnation ou faible croissance des productions industrielles jusqu'en 2000, légère reprise ensuite. Médiocres progrès des économies d'eau jusqu'en 2000, plus appréciables en 2025. Diminution des demandes en eau jusqu'en 2000, puis stabilité jusqu'en 2025.

Au Sud et à l'Est, croissance relative modérée des productions industrielles, plus accentuée après 2000, surtout à l'Est. Nécessités de développement des techniques économes en eau.

– **Scénario T3** :

Au Nord croissance modérée des productions industrielles. Progression sensible du recyclage et des économies d'eau. Atténuation de l'auto-approvisionnement de certaines branches industrielles par les avantages de desserte offerts. Augmentation des demandes en eau jusqu'en 2000, ralentie ensuite.

Au Sud et à l'Est, forte croissance des productions industrielles. Diminution des demandes en eau unitaires par nécessité et développement des

usages d'eau de mer par les industries du littoral. Croissance modérée des demandes en eau douce jusqu'en 2000, puis tendance au plafonnement.

– **Scénario A :**

Au Nord, croissance plus accentuée des productions industrielles sous l'effet de redéploiements plus notables vers le bassin méditerranéen. Forte progression du recyclage et des techniques économes en eau, notamment sous l'effet d'un meilleur équilibre entre les avantages de desserte offerts (atténuation des tarifs dégressifs) et les pressions sur l'auto-approvisionnement (redevances). Stabilité ou légère décroissance des demandes en eau aux deux horizons.

Au Sud et à l'Est, forte croissance industrielle et efforts maximaux pour réduire les utilisations d'eau douce. Croissance des demandes plus modérée qu'avec T3, aux deux horizons.

Ce qui s'exprime par les esquisses suivantes de prospective des prélèvements (en km^3/an) :

Région (dans le bassin méditerranéen)	Etat actuel	Horizon 2 000			Horizon 2025		
		T2	T3	A	T2	T3	A
Nord	10	8	12	10	10	13	9
Sud + Est	4	4	6	5	5	7	6
Total	14	12	18	15	15	20	15

3.2. *Rejets et émissions de matières*

Si l'on peut admettre que les flux de rejets industriels d'eau usée (raccordés ou non à l'assainissement) sont du même ordre de grandeur que les flux d'approvisionnement, du fait des faibles consommations d'eau par les usages, leurs compositions sont des plus variées. Même dans une même branche, elles sont très dépendantes des usages et des procédés de fabrication. De plus elles sont souvent instables, rendant les moyennes par branche et dans le temps difficiles à estimer et inégalement significatives.

La grande diversité des matières rejetées par les industries et émises dans le milieu, quand les effluents industriels ne sont pas collectés par les réseaux d'assainissement, ainsi que la variété de leurs quantités, rendent donc particulièrement nécessaire une démarche analytique, distinguant à la fois les principales matières et les principales branches industrielles. La construction de "macro-indicateurs" plus ou moins synthétiques – à l'instar de l'"habitant-équivalent" pour les rejets des collectivités – est difficile, même pour chaque branche industrielle prise séparément (l'"habitant-équivalent" est néanmoins utilisé parfois pour mesurer la composante des rejets industriels globaux correspondant au même agrégat : MO et MES).

Si l'on ne manque pas d'indicateurs élémentaires sur les rejets de matières par unité de produit, on ne peut que conjecturer leurs évolutions à long terme, et on dispose plus inégalement de données assez détaillées sur les

productions actuelles et surtout de pronostics sur leurs états futurs possibles aux horizons visés. La démarche analytique souhaitable risque ainsi de s'avérer encore moins praticable que pour les demandes d'approvisionnement. Les incertitudes qui affectent déjà les estimations macroscopiques des rejets et émissions de matières des industries non raccordées, dans la plupart des pays, entravent *a fortiori* leur prospective en fonction des scénarios d'évolution des productions industrielles.

Les variables

Une démarche analytique devrait en principe se baser sur les variables suivantes :

- Flux élémentaires (principales matières ou agrégats : DBO, DCO, MES, sels dissous totaux, hydrocarbures, équitox,...) et unitaires (par unité de produit) engendrés par les usages.
- Taux d'épuration interne ("pré-traitement") des entreprises industrielles (proportion retirée des quantités de matières produites), en moyenne par paramètre et par branche. Les rejets de matières sont alors calculés par application de ces taux ou quantités de matières produites.
- Répartitions des rejets de matières – supposées proportionnelles à celles des rejets d'eau usée – entre la part collectée par les réseaux publics d'assainissement (déjà prise en compte dans la filière rejets émissions des collectivités) et la part non collectée, directement déversée dans le milieu naturel.
- Répartitions, enfin, de ces émissions de matières entre les milieux récepteurs eaux continentales et mer.

Etats actuels des variables et des flux de matières globaux rejetés et émis

La validité des indicateurs unitaires universels, tels que ceux de l'OMS, pour chaque pays est évidemment problématique, car ces indicateurs sont sensibles aux procédés de fabrication dont les dominantes peuvent différer notablement d'un pays à l'autre. Dans les chiffrages estimés dans le bassin méditerranéen français, les parts des rejets industriels totaux de matières pour les paramètres MO et MES sont estimées respectivement à 55 et 67 % pour les industries non raccordées et à 45 et 33 % pour les industries raccordées.

Par ailleurs, le défaut assez général de données statistiques analytiques sur les productions industrielles par branche, dans le bassin méditerranéen, empêche de procéder à des calculs "synthétiques" des flux de matières produits au moyen des standards unitaires indiqués.

Une approche globale par l'aval peut-elle compenser en partie ces difficultés ? Des estimations de flux de matières d'"origine industrielle" présumée – limitées aux indicateurs DCO et MES –, apportés à la mer Méditerranée par les cours d'eau, ont été calculées dans le cadre de l'étude PNUE/MED X (1975). Cette approche a eu le mérite d'être globalisante et en cohérence avec le champ étudié (bassin méditerranéen). Cependant elle a négligé les émissions par les effluents directs des industries littorales et elle n'a pas différencié ce qui provient des industries raccordées aux assainissements publics – dont les émissions finales ont été réduites par épuration – des autres. Aussi

cette étude, déjà ancienne et qui n'a pas été renouvelée, a fixé seulement un plafond probable aux émissions réelles des industries dont les effluents ne sont ni raccordés à l'assainissement ni déversés directement en mer.

Prospective des rejets industriels

Les flux de matières élémentaires et unitaires mentionnés plus haut sont certainement sensibles à l'évolution des procédés de fabrication ; mais cette évolution est peu dépendante des scénarios et sera davantage commandée par les changements techniques. En outre une part notable des produits industriels, à l'horizon 2025 sinon en 2000, pourrait être nouvelle, tandis que d'autres vont péricliter ou disparaître.

On peut seulement admettre que les progrès des "technologies propres", souvent associés à ceux des économies d'eau dans les procédés industriels, pourraient être plus amples dans les scénarios A que dans les scénarios T3 et surtout T2. De même il est vraisemblable que les taux d'épuration interne des industries, notamment de celles non raccordées à l'assainissement public, devraient progresser davantage suivant les scénarios A qu'avec T3, en supposant leur stabilité avec T2, en fonction des pressions exercées sur les agents économiques par les autorités responsables de l'environnement.

Il est plus malaisé de relier aux scénarios les évolutions possibles des répartitions des rejets de matières des industries entre leur collecte par l'assainissement, suivie de traitement d'épuration commun, et leur évacuation directe dans le milieu. L'intérêt d'accroître l'efficacité des épurations des eaux usées des collectivités, devrait conduire de toute façon à encourager les "prétraitements" plus spécifiques au niveau des entreprises, qu'elles soient raccordées ou non, aussi bien suivant les scénarios A que T3.

Le défaut de connaissance assez complète et homogène des états actuels des rejets et émissions de matière par les industries non raccordées, ainsi que la validité douteuse des projections qui pourraient se calculer à partir de cette base par des "coefficients", interdisent une prospective sérieuse, même limitée à quelques agrégats indicateurs (MO, MES...) et aux grandes régions Nord, Sud et Est.

On peut cependant suggérer quelques supputations qualitatives :

– **Au scénario T2** : Une relative stabilité au Nord (comme les productions industrielles) pourrait contraster avec une amplification sensible au Sud et à l'Est, dans l'hypothèse de faible progrès des efforts d'épuration. Notamment un accroissement sensible des émissions de MO et MES déjà prédominantes actuellement au Sud.

– **Au scénario T3** : Si des efforts d'épuration plus actifs accompagnent les croissances de production, les émissions finales pourraient également rester au moins stationnaires et au mieux décroître un peu au Nord, et croître plus lentement au Sud et à l'Est.

– **Au scénario A** : Des décroissances plus significatives, au Nord surtout mais aussi au Sud et à l'Est, devraient conduire à de fortes réductions des émissions à l'horizon 2025 qui pourraient les rendre négligeables à terme.

Néanmoins, dans tous les cas, les tendances générales supputables n'excluent pas des situations locales posant des problèmes et peu prévisibles,

liées à des innovations industrielles ou à des transplantations (sans même évoquer les accidents). De toute façon une globalisation des émissions finales aurait, dans ce secteur, encore moins de sens, comme facteurs d'impacts, que celles des émissions issues des collectivités ou de l'agriculture, car les "sources" sont à la fois beaucoup plus localisées, diversifiées et évolutives.

La prospective devra consister ici moins à comparer des tendances supputables en fonction de facteurs exogènes, que des objectifs plus ou moins exigeants et des présomptions d'efficacité des moyens mis en œuvre pour les atteindre, suivant les scénarios...

4. Demandes du secteur énergétique

4.1. La production d'électricité primaire et l'eau

Les demandes et les impacts relatifs aux eaux continentales du secteur "énergie" sont essentiellement ceux de la production d'électricité primaire, hydraulique ou thermique. Les demandes et impacts propres à chacune de ces deux branches de production sont bien différents :

– Bien que l'eau contribue, par son flux naturel, à former la "ressource hydraulique" exploitée par l'hydroélectricité, celle-ci ne prélève pas d'eau – sinon localement en la détournant dans les aménagements sur dérivation – et ne provoque aucune consommation finale, sauf la part qui lui est imputable de l'évaporation des réservoirs d'accumulation ; par contre l'**hydroélectricité** transforme durablement la structure des systèmes d'eau naturels, en imposant des contraintes de conservation des écoulements concédés à son exploitation en amont de ses ouvrages de prise, tandis qu'elle modifie le régime des écoulements en aval où elle peut entrer en conflit avec d'autres utilisateurs d'eau *in situ* ou *ex situ*.

– Les **centrales thermo-électriques** nécessitent, pour le refroidissement, des prélèvements massifs mais leurs consommations finales sont minimes, les uns et les autres variant sensiblement suivant les modes de réfrigération appliqués (circuits ouverts ou circuits fermés) et étant directement fonction des quantités d'énergie produites, ce qui facilite leurs estimations. Toutefois ces demandes ne sollicitent pas seulement les eaux continentales mais aussi, et surtout dans certains pays, l'eau de mer. Seules les productions d'électricité des centrales intérieures, qui utilisent des eaux douces continentales (fluviales essentiellement) seront donc à prendre en compte.

Pourtant ces deux branches de production d'électricité primaire concourent à satisfaire une même demande de consommation dont la prospective est nécessairement globale : les parts prises par l'une et l'autre, et leurs évolutions futures dépendent certes des "ressources" offertes (y compris les ressources en eau) mais aussi de bien d'autres facteurs qui ne peuvent se définir dans le seul champ spatial du bassin méditerranéen.

Pour explorer les demandes et conséquences de la production d'électricité sur les eaux du bassin méditerranéen, il faut bien reconnaître que, par rapport à cet espace géographique, le système de production et de consommation d'électricité est très ouvert du fait de l'interconnexion très développée des

réseaux de transport, non seulement entre régions mais aussi entre pays. Ainsi les productions et les consommations d'électricité ne s'équilibrent généralement pas dans le cadre d'un bassin hydrographique, ni même d'un ensemble de bassins : certains bassins très équipés et productifs (en hydraulique et thermique) peuvent être exportateurs (exemple : bassin du Rhône en France), tandis que d'autres seront importateurs.

En conséquence, les projections nationales ou régionales de consommation d'électricité ne permettent pas d'en déduire directement des prévisions de production (hydraulique ou thermique) située dans le bassin, donc à effet sur les eaux continentales.

La croissance générale prévue des demandes de consommation d'électricité sera satisfaite, dans des proportions très diverses suivant les pays, par des productions accrues dans le bassin lui-même – thermiques beaucoup plus qu'hydrauliques, et en bord de mer plus qu'à l'intérieur – ou par des "importations" de l'extérieur du bassin, du même pays ou d'autres, indépendamment des "exportations" hors du bassin par certains pays. La diminution de la part relative de l'hydroélectricité dans la production totale d'électricité primaire – à peine un quart seulement en 1984 pour l'ensemble des pays riverains – est une tendance contemporaine constatée dans presque tous les pays.

Cette tendance lourde se poursuivra vraisemblablement quels que soient les scénarios : la production hydroélectrique devrait croître plus lentement que la production totale d'électricité primaire, donc que la production thermique. Cela vaut très probablement pour les territoires compris dans le bassin méditerranéen, et d'autant plus dans ceux où les centrales thermiques seront localisées exclusivement ou préférentiellement sur le littoral.

Bien que les évolutions futures respectives des productions hydroélectriques et thermoélectriques implantées dans le bassin ne puissent être indépendantes, ni l'une de l'autre, ni des productions et des consommations extérieures, il est nécessaire de les explorer séparément, à partir de leur état actuel, pour tenter d'en déduire les conséquences sur l'eau dans le bassin.

4.2. *Hydroélectricité*

La ressource hydraulique, facteur limitant ?

Le facteur intrinsèque qui peut conditionner l'évolution future des aménagements et des productions hydroélectriques est le taux présent d'utilisation de la "ressource hydraulique" dans chaque pays : celui du potentiel "sauvage" ou brut, mais surtout celui du potentiel "exploitable" techniquement et économiquement, même si l'évaluation de ce dernier peut évoluer et si le critère d'exploitabilité "économique" n'est pas indépendant de la compétitivité du kwh hydraulique par rapport au kwh thermique (classique ou nucléaire).

Comme les ressources en eau, mais en plus accusé par les incidences du relief, les ressources hydrauliques sont très inégalement réparties dans le bassin méditerranéen. Bien que les inventaires soient insuffisamment homogènes, que les statistiques ne permettent pas partout d'individualiser le bassin méditerranéen dans les pays "partagés" et qu'elles ne soient pas toutes cohérentes (Espagne, Yougoslavie, Turquie surtout...), on peut considérer que

sur un potentiel sauvage global dans le bassin de l'ordre de 800 TWh. an (90 GW), près des 4/5 se trouvent dans les pays du Nord (environ 60 % en France et en Italie), tandis que l'essentiel du reste se trouverait en Turquie, les autres pays du Sud et de l'Est se partageant 6 à 7 % (dont près de la moitié pour l'Egypte). Dans ces derniers pays la ressource hydraulique est en outre fragilisée par la plus forte irrégularité des écoulements ; les réservoirs d'accumulation n'y ont pas toujours des capacités suffisantes pour permettre une régularisation pluri-annuelle complète en cas de séquences d'années déficitaires. Même en Egypte, malgré l'énorme capacité du réservoir d'Assouan, les déficits persistants de l'écoulement du Nil depuis les années 80 sous l'effet de la sécheresse, ont fait baisser le niveau de la retenue, au point de menacer la production électrique, au printemps 1988.

Or le potentiel hydroélectrique exploitable est exploité à des degrés très divers suivant les pays, et la proportion exploitée (ratio production hydraulique/potentiel exploitable) est déjà élevée précisément dans les pays les plus pourvus, qui sont pour la plupart les plus équipés, après de fortes croissances au cours des dernières décennies. Cela laisse des marges de disponibilité, donc de croissance possible d'équipement de production, modestes dans les pays du Nord les plus producteurs (quasi nulle en France), encore appréciables en Espagne comme dans les pays balkaniques, et notables à l'Est seulement en Turquie. Mais il ne faut pas perdre de vue que les aménagements les plus "rentables" sont partout déjà réalisés.

La ressource hydraulique constitue donc bien un facteur limitant la croissance possible de la production hydroélectrique dans le bassin, soit par sa faiblesse absolue au Sud, soit par ses disponibilités résiduelles réduites – du moins à des coûts d'exploitation encore abordables – au Nord. Néanmoins, plus que les compétitions avec d'autres utilisations de l'eau, c'est la compétition avec les productions thermiques – dans le bassin et en dehors – ainsi que les contraintes de conservation de l'environnement qui contribueront sans doute le plus, comme depuis les années 70, à freiner l'expansion ou le parachèvement des aménagements hydroélectriques, à moins de crise majeure des productions ou des approvisionnements en combustibles pour les centrales thermiques (classiques ou nucléaires)...

Dans ces conditions, ne se trouvera avantagée que la seule branche de production hydroélectrique peu subordonnée à la ressource hydraulique, et en même temps la plus complémentaire des productions thermiques moins flexibles, constituée par les centrales de pompage, ou "réversibles", qui commencent à se développer au Nord.

	Centrales de pompage (1985)			
	Existantes		En construction ou projetées	
	Nombre	Capacité totale GW	Nombre	Capacité totale GW
Espagne	20	3,8	1	0,06
France	9	3,1	3	2,5
Italie	20	6,0	3	2,5
Yougoslavie	2	1,1	–	–

Impacts des aménagements

Les impacts des aménagements hydroélectriques ne se chiffrent pas, à l'échelle macroscopique, en volumes d'eau prélevés ni, sauf accessoirement, en consommation finale. L'importance de ces impacts "qualitatifs" sur les structures et/ou les régimes des écoulements est par ailleurs sans relation directe avec les quantités d'électricité produites, mais plutôt avec les types et les nombres d'aménagements qui impliquent différents degrés d'artificialisation : les dérivations avec transferts entre vallées, les grands réservoirs d'accumulation, les centrales de pompage engendrent, chacun à leur manière, des impacts plus amples que les aménagements au fil de l'eau, mais différents, et sans proportion avec les productions.

C'est donc à l'avenir de chacun de ces types de structure d'aménagement et de mode d'exploitation que les efforts de prospective devraient s'attacher, plus qu'aux productions. Toutefois une analyse assez précise, dans cette optique, des aménagements présents et un inventaire de leurs impacts seraient un préalable nécessaire, que les informations disponibles ne permettent que très insuffisamment.

Par ailleurs, on peut penser que les choix d'aménagements et de modes d'exploitation seront, plus que par le passé, conditionnés par des objectifs d'utilisation multiples avec lesquels la production énergétique devra davantage compter, notamment dans les cas de réservoirs d'accumulation.

Prospective des productions hydro-électriques

Dans la prospective des consommations et des productions d'énergie, notamment d'électricité, réalisée par le Plan Bleu, des estimations de production hydroélectrique ont été conjecturées aux horizons 2000 et 2025, suivant les scénarios T2, T3 et A, pour la plupart des pays pris dans leur totalité.

Les productions ne progresseraient sensiblement en 2000 qu'à l'Est (en Turquie essentiellement) et pourraient croître davantage en 2025 au Nord et plus encore à l'Est (Turquie toujours, où la production actuelle pourrait être multipliée par sept). La production hydroélectrique n'en suivra pas moins que de manière très atténuée la croissance des demandes d'électricité et sera réduite à un rôle secondaire et décroissant en part relative. Elle pourra être sensible aux scénarios sur deux plans :

(1) **Aménagements et équipements nouveaux**

Généralement minimes dans le scénario T2, ils pourraient être plus appréciables en T3 et A, notamment dans les pays à disponibilités hydrauliques encore notables (Turquie surtout, Espagne, Grèce, Maroc...) en 2000 comme en 2025, tout en étant limités aux sites jugés les plus rentables dans une optique micro-économique (du point de vue des producteurs d'électricité, y compris des exploitants locaux de micro-centrales), et les plus adaptés aux capacités de production d'appoint des centrales thermiques. C'est le cas des centrales de pompage déjà mentionnées, qui pourraient être développées préférentiellement dans les pays du Nord à fortes puissances hydraulique et thermique déjà installées. Des productions hydro-électriques nouvelles pourraient aussi, en T3, résulter du fait qu'elles concoureraient à rentabiliser

des aménagements à but multiple (irrigation, défense contre les inondations). Les impacts éventuellement négatifs ne seraient réparés ou compensés qu'au minimum et de préférence par indemnisation de dommages causés à des agents...

Avec les scénarios alternatifs A, des incidences diverses et contraires pourraient se faire jour. D'une part, dans certains pays dépourvus de combustibles fossiles et à disponibilités hydrauliques encore amples, la volonté de diminuer la dépendance énergétique pourrait conduire à évaluer moins strictement la rentabilité des aménagements hydroélectriques, le plus souvent couplés avec des utilisations de l'eau par d'autres secteurs. D'autre part, le respect plus imposé de contraintes de préservation du régime des eaux (ou d'occupation du sol) pourrait entraver la réalisation de certains aménagements "techniquement possibles", soit en faisant prendre en compte différents coûts externes dans les évaluations de faisabilité, soit par le jeu de pressions socio-politiques locales, notamment pour la défense de l'environnement. Il n'est évidemment pas possible d'établir la balance entre ces conséquences inverses qui pourraient être très diverses suivant les pays.

(2) **Exploitation des équipements anciens et nouveaux.**

Insérées pour la plupart dans des systèmes de ressource et d'utilisation d'eau à complexité croissante et à parties prenantes de plus en plus nombreuses, les structures de production hydroélectrique seront progressivement moins libres d'exploiter la ressource hydraulique indépendamment de la ressource en eau (par exemple les demandes en eau d'irrigation estivales peuvent concurrencer les stockages pour les productions d'énergie accrues en hiver...).

Ces compétitions ne sont pas nouvelles et ont déjà fait l'objet de concertations ou d'arbitrages entre les intérêts en cause. On peut penser toutefois que cela deviendra plus fréquent et plus malaisé à l'avenir. Notamment, de nouvelles demandes en eau motiveront des lachers de retenues, à des fins hydroélectriques, pour soutenir des étiages, pour provoquer des chasses contre des pollutions chroniques ou accidentelles, pour pallier des défaillances conjoncturelles de la ressource (sécheresse)...

Dans les scénarios T prévaudraient des négociations dans une optique microéconomique. On peut penser que dans les scénarios A des arbitrages dans une optique plus macro-économique et instituant plus d'équilibre entre les droits et devoirs des utilisateurs d'un même système de ressource seraient plus contraignants pour la production hydroélectrique.

4.3. Thermoélectricité

Avec les centrales thermoélectriques, la demande en quantité d'eau (prélèvement, consommation finale) pour le refroissement est accompagnée d'une sollicitation du milieu par des rejets (thermiques) et peut être directement reliée aux productions d'énergie.

Dans la filière d'utilisation d'eau du secteur thermoélectrique, trois dichotomies influencent toutefois la relation entre les quantités d'énergie électrique produites et les demandes en eau :

– la distinction entre centrales thermiques classiques et nucléaires ;
– la localisation des centrales sur le littoral ou dans l'arrière-pays, qui correspond à des demandes respectives en eau de mer ou en eau douce, cette dernière étant seule à considérer ici ;
– le procédé de refroidissement : selon qu'il s'agit d'un circuit ouvert ou fermé (avec aéro-réfrigérant), les demandes en prélèvement et en consommation sont bien différentes, en volume d'eau par kWh.

Tant pour estimer les demandes présentes que pour prospecter leurs évolutions possibles par une démarche analytique, ces subdivisions de la production électrique thermique seront à prendre en compte. Les seuls volumes d'eau utilisés actuellement ne pourront donc constituer la base de projection en fonction directe des productions thermiques globales envisageables à l'avenir.

Variables déterminantes

Les variables déterminantes des demandes relatives à l'eau – à chiffrer à l'échelle macroscopique de chaque pays ou de son territoire dans le bassin méditerranéen – sont les suivantes :
– la production totale d'électricité thermique en TWh. an,
– les parts produites respectivement par les centrales localisées sur le littoral ou à l'intérieur (dans le bassin),
– les parts produites par les centrales thermiques classiques ou nucléaires,
– les fractions de chacune de ces parts produites avec refroidissement en circuit ouvert ou en circuit fermé,
– les volumes d'eau unitaires utilisés (prélèvements, consommation finale) admis en moyenne pour chacun des quatre cas distingués, en litre par kWh (ou hm^3 par TWh), suivant les standards liés aux techniques actuelles.

Les disponibilités statistiques sont très inégales selon les pays et les sujets, tant sur les variables que l'on vient de définir que sur les demandes en eau du secteur. Les productions totales d'électricité thermique sont bien connues partout, à des dates récentes et homogènes, mais seulement pour les pays entiers. Les parts produites dans le seul bassin méditerranéen ne sont presque jamais individualisées. Les répartitions entre les productions thermiques classiques et nucléaires sont également connues, mais toujours pour les pays entiers. La subdivision par bassin ne s'impose toutefois que dans les pays à production nucléaire (France et Espagne essentiellement) où la localisation des centrales est connue (en Yougoslavie, l'unique centrale nucléaire est hors du bassin méditerranéen).

Plus incomplètes sont les données disponibles sur les parts des productions des centrales localisées sur le littoral, à soustraire pour l'estimation des demandes en eau douce : ces données sont rarement explicites et peuvent seulement être déduites de répartitions des puissances installées lorsque celles-ci sont indiquées. Enfin, quasi absentes sont les informations sur la répartition des productions en fonction des modes de refroidissement.

Par ailleurs des estimations des volumes d'eau demandés actuellement par les centrales thermiques sont disponibles dans la plupart des pays du Nord – la principale lacune étant l'Espagne –, mais sans expliciter les bases de

calcul à partir des productions thermiques (tab. 8). La France, à elle seule, pèse fortement sur l'ensemble des demandes en eau douce dans le bassin, en raison à la fois de l'importance de la production thermique située dans le bassin du Rhône et presque entièrement hors du littoral, et de la forte proportion des circuits ouverts.

Des statistiques assez détaillées permettant de calculer séparément les productions thermiques des seules centrales localisées dans le bassin méditerranéen et non sur le littoral font défaut dans trop de pays pour procéder à des sommations régionales et globales, et à partir de là, tenter une estimation assez assurée des prélèvements et des consommations finales en eau douce actuels dans le bassin, selon les procédés de refroidissement appliqués.

Région	Production des pays entiers en 1984 (TWh.an)	Production dans le bassin méditerranéen, hors littoral (TWh.an)	(%)	Proportion située dans le bassin des productions nationales totales (%)
Nord	532,5	170	90	32
(dont France)	(242,5)	(95)	(50)	(39)
Sud + Est	78,6	20	10	25
Ensemble	611,1	190	100	31

Ainsi seulement un tiers des productions thermiques totales des pays du Nord et un quart de celles des pays du Sud et de l'Est, seraient le fait de centrales situées dans le bassin méditerranéen et sollicitant les eaux douces continentales.

D'après ce que l'on sait sur les modes de refroidissement dominants, suivant les pays, on peut déduire en chiffres ronds les volumes de demandes en eau douce suivants :

Région	Prélèvements (km^3/an)	(%)	Consommations finales (km^3/an)	(%)
Nord*	12,5	80	0,18	90
Sud + Est	3,0	20	0,02	10
Ensemble	15,5	100	0,2	100

* dont France = 11 prélevés, 0,1 consommés.

Dans ce domaine comme en d'autres, les contrastes entre le Nord, le Sud et l'Est seraient donc très amples et les écarts sont significatifs même si les chiffrages sont incertains.

Prospectives des demandes de la production thermoélectrique

Les productions d'électricité thermique seront bien sûr directement liées aux niveaux de développement socio-économique, notamment en fonction des populations et des consommations d'électricité *per capita* en chaque pays, sachant d'une part que l'électrification croissante est une tendance

lourde, donc que les consommations d'électricité seront partout grandissantes, et d'autre part que la production thermique devra y faire face pour une part régulièrement accrue, du fait des plafonnements des productions hydroélectriques.

Toutefois les productions thermiques à la fois sises dans le bassin méditerranéen et non sur le littoral, ne dépendront pas seulement des demandes de consommation d'électricité pronostiquées mais davantage de deux facteurs :

– l'un sensible aux scénarios : la part prise par les importations de combustibles fossiles (charbon, pétrole), généralement par voie maritime, qui favorisent les implantations de centrales "au bord de l'eau", sur le littoral, à la différence des centrales thermiques classiques brûlant des combustibles nationaux plutôt localisées près des gisements ;

– l'autre moins sensible aux scénarios, sinon par le biais des contraintes conflictuelles avec d'autres secteurs d'utilisation d'eau : la ressource en eau continentale elle-même.

Seuls des fleuves à débit élevé en permanence offrent les possibilités de prise d'eau voulues en circuit ouvert, notamment pour des centrales nucléaires. Les ressources en eau douce adéquates constituent dans presque tous les pays un facteur limitant l'implantation des centrales thermiques à circuit ouvert dans le bassin, cette limitation étant aggravée par les rétroactions des rejets thermiques. Cela conduira à la fois à donner préférence aux localisations sur le littoral, avec utilisation d'eau de mer, et à favoriser les circuits fermés minimisant les prélèvements, sinon les consommations, dans le bassin.

L'exploration des demandes en eau douce possibles aux horizons 2000 et 2025, suivant les scénarios du Plan Bleu, utilise les hypothèses suivantes :

– Quels que soient les scénarios, les nouvelles centrales installées dans le bassin méditerranéen, y compris en remplacement de centrales "déclassées", surtout après 2000, seront au Sud et à l'Est (sauf peut-être en Turquie) toutes localisées sur le littoral, et seront au Nord, ou bien situées sur le littoral, ou bien à circuit fermé.

– Avec les scénarios T2 et T3, les productions actuelles à circuit ouvert resteraient stables ou peu décroissantes au Nord, ainsi qu'en Egypte et Turquie. En outre le maintien, voire la croissance (T3) d'importations massives de combustible compétitif, notamment dans les pays à faibles ressources en combustible classique et peu engagés dans la production nucléaire (Italie...), devrait favoriser les implantations des nouvelles centrales sur le littoral.

– Avec les scénarios A serait mise en place une politique plus accentuée "d'autosuffisance énergétique" et de modération, voire de réduction des importations de combustible (pétrole surtout) telle qu'elle s'amorce déjà dès maintenant en France, en Grèce, en Italie, en Yougoslavie, en donnant priorité à l'utilisation des ressources nationales. Une telle politique pourrait, d'une part, infléchir la croissance des productions thermiques dans les pays à disponibilités hydrauliques encore notables bien que "coûteuses" (Espagne, Italie, Turquie) en favorisant le parachèvement des aménagements hydroélectriques, surtout jusqu'à l'horizon 2000, et d'autre part, favoriser l'expansion

des productions thermiques classiques dans les pays à réserves assez considérables en combustible (lignites en Grèce et en Espagne) avec localisation de centrales sur les gisements, donc à l'intérieur et avec circuits fermés.

Dans certains cas, ces tendances au développement préférentiel d'exploitation de potentialités internes (hydrauliques, thermiques) pourraient être accentuées par des politiques d'exportation d'électricité hors du bassin, notamment pour assurer plus rapidement le plein emploi de nouveaux équipements...

En somme, à peu d'exceptions près (France, Grèce, dans une moindre mesure Egypte), les productions thermiques localisées à l'intérieur du bassin (non littorales) devraient croître moins que les productions sur le littoral, et prendre une part de plus en plus faible aux productions dans tout le bassin. Néanmoins ces exceptions sont de poids : surtout la France au Nord et l'Egypte au Sud.

Au plan des demandes en eau douce, les écarts que l'on peut supputer entre les scénarios seront sans doute faibles dans la plupart des pays. Ces demandes pourraient seulement être un peu plus accusées en T3, et surtout en A, dans les quelques pays du Nord qui amplifieraient les productions thermiques intérieures dans le bassin (Espagne, Grèce, Italie), ou parfois seulement en T3 (Egypte). Au contraire une généralisation plus complète du refroidissement en circuit fermé en A (à la différence de T2 et T3) pourrait réduire les demandes de prélèvement de manière sensible entre 2000 et 2025, malgré des croissances de production thermique, dans les pays à forte production intérieure cités plus haut (France, Turquie, Egypte).

Sur la base des projections de production thermique calculées par le Plan Bleu et des hypothèses sur les parts de production dans le bassin et non littorales, des estimations de demandes en eau douce par pays ont été tentées, en supposant stables les ratios unitaires (prélèvements, consommations) admis actuellement – ce qui peut être pessimiste –. Le tableau 23 présente les sommations de ces estimations par groupements régionaux, qui valent surtout par leurs ordres de grandeur.

Avec les précautions qui s'imposent, ces résultats appellent les commentaires suivants :

– Entre la période actuelle et l'horizon 2000 les prélèvements croîtraient peu et peu différemment suivant les scénarios. Tandis qu'entre 2000 et 2025 ils pourraient globalement décroître, surtout avec A (de près de 50 %), mais sous le seul effet d'une forte décroissance au Nord (où ils pourraient même s'abaisser sensiblement au-dessous du niveau actuel) alors qu'ils continueraient à croître au Sud, sauf avec A (légère diminution conjecturée).

– Les consommations finales seraient par contre en croissance générale jusqu'en 2025 avec tous les scénarios. La croissance serait un peu plus accentuée, quoique peu significative (moins de 0,7 km^3/an globalement dans tous les cas en 2025) avec A, sous le double effet des augmentations de production et du développement des circuits fermés plus consommateurs.

– Enfin l'exercice conduit à conjecturer quelques changements dans la répartition des demandes entre le Nord et le Sud et l'Est : tout en diminuant un peu, surtout avec T3, la part du Nord resterait dominante en 2000 ; mais

un basculement se produirait en 2025 au profit de la part du Sud qui dépasserait 50 %, sauf avec les scénarios A où le Nord prélèverait encore plus de 60 % du total.

Compte tenu de l'inégalité déjà soulignée des parts prises par les différents pays à ces demandes en eau globales dans le bassin, un affinement significatif de ces chiffrages pourrait être obtenu par un effort de prospective plus approfondi focalisé seulement sur la France (bassin méditerranéen) et accessoirement sur l'Italie et sur l'Espagne (notamment quant à la répartition dans le bassin).

Tableau 23
Demandes en eau douce des centrales thermiques dans le bassin méditerranéen continental

Région	Horizon	Prélèvements km³/an Scénarios			Consommation km³/an Scénarios		
		T2	T3	A	T2	T3	A
Nord	2000	11,6	14,0	14,30	0,25	0,3	0,3
	2025	7,5	7,0	6,0	0,35	0,4	0,5
Est	2000	0,7	0,5	0,4	0,02	0,02	0,02
	2025	0,4	0,3	0,37	0,02	0,03	0,04
Sud	2000	3,9	6,2	3,75	0,03	0,05	0,05
	2025	7,6	8,7	3,3	0,07	0,15	0,10
Total	2000	4,6	6,7	4,2	0,05	0,07	0,07
Est + Sud	2025	8,1	9,0	3,7	0,09	0,18	0,14
Total	2000	16,2	20,7	18,5	0,3	0,37	0,37
(arrondi)	2025	15,6	16,0	9,7	0,45	0,6	0,65

Enfin, mises à part les émissions en mer, en ne considérant toujours que celles des centrales intérieures au bassin, les rejets thermiques n'ont sur les cours d'eau récepteurs que des impacts localisés qui ne se prêtent à aucune globalisation. Par ailleurs, les effets physiques directs du réchauffement sont différemment sensibles suivant les températures du milieu (eau, air) et importent moins que les effets indirects sur la DBO (le réchauffement stimule la biodégradation consommatrice d'oxygène...) et leurs éventuelles conséquences écologiques. De toute manière l'expansion généralisée des systèmes de refroidissement dans les pays où la production thermique resterait encore notable à l'intérieur du bassin après 2000 (France, Grèce surtout) devrait y entraîner une décroissance sensible des rejets thermiques déjà minimes partout ailleurs.

5. Demandes du tourisme

Les demandes en eau émanant du tourisme, qu'il s'agisse d'approvisionnement (eau potable pour l'essentiel) ou d'assainissement (rejets d'eau usée), ne font généralement pas l'objet de statistiques séparées de celles des collectivi-

tés et plus particulièrement des collectivités urbaines, notamment dans les zones littorales.

L'étude et la prospective des demandes du tourisme relatives à l'eau devra donc se baser :

– Sur leur individualisation au sein des demandes présentes des collectivités, rapportée à des indicateurs de la "population touristique" actuelle (nombres de nuitées) dans le bassin méditerranéen.

– Sur des indices d'accroissement de cette population, suivant les scénarios, ainsi que sur des hypothèses d'accroissement des demandes unitaires, ce qui permettra de chiffrer des demandes globales correspondantes.

– Enfin sur le calcul des seuls surplus de demande à ajouter aux demandes des collectivités déjà projetées, du fait de la croissance du tourisme par rapport à l'état présent.

Ce faisant, les estimations de volumes annuels, additifs aux demandes des collectivités, masquent le caractère saisonnier de la demande touristique. C'est sur les demandes de pointe saisonnières que les activités du tourisme ont et auront les effets les plus amples, en nécessitant des surdimensionnements d'équipement souvent notables, tant pour l'approvisionnement en eau potable que pour l'assainissement.

Par ailleurs ne sont pas prises en compte ici les demandes d'utilisation *in situ* d'eau douce, qui peuvent émaner du tourisme (activités balnéaires, nautisme, pêche, protection de sites...) et conduire à des conservations ou aménagements de cours ou de plans d'eau.

5.1. *Situation actuelle des demandes en eau et des rejets*

Sur la base des demandes unitaires actuelles définies par le Plan Bleu, le tableau 24 présente les résultats des estimations de demandes en eau du tourisme dans chaque pays (bassin méditerranéen) en 1984, ainsi que les proportions des volumes d'approvisionnement en eau potable des collectivités qu'elles représentent. En admettant que les mêmes rendements de distribution qu'aux collectivités s'appliquent ici – environ 70 % –, on peut estimer les volumes des prélèvements induits pour les productions d'eau potable correspondantes. Toutefois ces chiffrages supposent que les standards unitaires seraient uniformes, ce qui est discutable. Aussi des sommations par régions ont probablement plus de validité :

Région (bassin méditerranéen*)	Approvisionnement		Prélèvements induits par la demande du tourisme
	Demandes du tourisme	Part de la demande en eau potable totale des collectivités	
	hm^3/an	%	hm^3/an
Nord	373,5	4,4	527
Sud et Est	21,5	0,5	33
Total	395,0	3	560

* Albanie et Liban exclus

Quant aux rejets et aux émissions finales, si l'on peut présumer que les taux de raccordement à l'assainissement des installations touristiques doivent être élevés, par contre la part des eaux usées déversée en mer plutôt que dans les eaux continentales doit être particulièrement forte du fait de la proportion élevée des implantations littorales. Il en résulte un taux de consommation (de non retour aux eaux continentales) probablement élevé, donc des émissions finales faibles hors du milieu marin. On se bornera à estimer ces flux globalement par région :

Régions (bassin méditerranéen)	Rejets d'eau usée du tourisme (hm³/an)	Part des rejets des collectivités (cf. tab. 19) (%)	Restitutions présumées aux eaux continentales (hm³/an)	Consommations finales probables par les usages et les émissions d'eau usée en mer (hm³/an)	Part des consommations finales totales des collectivités (cf. tab. 20) (%)
Nord	317	5,3	70	303,5	12,3
Sud et Est	17	0,6	8	13,5	1,3
Total	334	3,7	78	317	9

Enfin en appliquant aux eaux usées rejetées par le tourisme les mêmes concentrations moyennes qu'à celles des collectivités, on pourrait estimer que les flux de matières rejetées (bruts) par le tourisme seraient globalement les suivants, toujours au stade actuel :

MO	0,22 Mt/an
MES	0,28 Mt/an
MDT	0,18 Mt/an
N	0,02 Mt/an

Il est vraisemblable que les émissions finales correspondantes atteignant les eaux continentales sont faibles, moindres en proportion que celles issues des collectivités en général. Avec toutefois les effets possibles de moindre efficacité des traitements d'épuration en période de pointe.

Il ressort de ces résultats que la demande touristique actuelle, à l'échelle annuelle, ne représente qu'une faible part des demandes des collectivités, et à peine significative au Sud et à l'Est, tant en approvisionnements et prélèvements qu'en rejets à évacuer. Seule la part des consommations finales par le tourisme serait appréciable (au Nord du moins) en approchant 10 %. Mais il en irait tout autrement si la comparaison était focalisée pendant la saison de pointe estivale des activités touristiques, notamment dans les zones littorales du Nord.

5.2. *Prospective des demandes totales*

Les projections calculées dans le Plan Bleu au moyen d'un modèle économétrique sur le tourisme ont chiffré des nombres d'"arrivées" et de nuitées pour les pays entiers pour chaque scénario. Il a aussi été admis que, pour tous les scénarios, les proportions des nuitées qui se situeraient en zone

littorale s'élèveraient à 42,5 % du tourisme national et à 47,2 % du tourisme international.

Selon ces projections, les populations touristiques pourraient s'accroître globalement par rapport à 1984 : de 21 à 94 % en 2000 et de 46 à 245 % en 2025. Il est, en particulier, à présumer que la répartition entre pays du Nord et du Sud et Est pourrait évoluer différemment suivant les scénarios, tout au moins à l'horizon 2025, avec un accroissement plus net pour le Sud et l'Est avec les scénarios A.

Tableau 24
Tourisme et demandes en eau (années 1980)

Pays	Nombre de nuitées en 1984 (pays entier) en millions (1)			Proportion présumée dans le bassin méditerranéen %	Demande annuelle d'approvisionnement en eau calculée (2) hm³/an	Proportion de la demande en eau potable annuelle des collectivités (3) %
	Tourisme national	Tourisme international	Total			
Espagne	496	288	784	70	100	5,5
France	1 050	317	1 367	50	120	10
Italie	550	130	680	100	115	2,5
Malte	–	6	6	100	1,5	8
Yougoslavie	90	42	132	100	24	12
Grèce	21	38	59	100	13	3
Turquie	20	12	32	70	4	1
Chypre	1	4	5	100	1,2	4,5
Syrie	10	2	12	50	1	4
Liban	–	–	–	–	–	–
Israël	21	8	29	50	2,6	1,5
Egypte	24	10	34	100	6	0,3
Libye	6	–	6	100	0,9	0,2
Tunisie	5	14	19	100	4,3	2,7
Algérie	4	3	7	50	0,7	0,2
Maroc	12	15	27	20	1,1	0,9
Total	2 310	889	3 199	~ 70	395	~ 3

(1) *Source* : Plan Bleu (1986).
(2) Base : 0,15 m³/nuitée pour le tourisme national ; 0,25 m³/nuitée pour le tourisme international.
(3) Demandes d'approvisionnement estimées en 1980-85 (cf. tableau 18).

Approvisionnements et prélèvements

Sur la base des projections de population touristique et des demandes en eau unitaires admises par les études du Plan Bleu, en appliquant aux estimations de nombres de nuitées les abattements du tableau 24 pour tenir compte des pays partiellement compris dans le bassin, il est possible d'estimer des demandes d'approvisionnement globales pour chaque scénario. Les résultats sont les suivants :

Demandes annuelles d'approvisionnement en eau, en hm^3 :

Scénarios	Horizon 2000			Horizon 2025		
	Tourisme national	Tourisme international	Total	Tourisme national	Tourisme international	Total
T2	302	296	598	351	456	807
T3	431	359	790	708	592	1 300
A	480-520	378-415	858-935	939-1 075	615-704	1 554-1 779

Dans l'hypothèse où les rendements moyens de distribution suivraient les mêmes évolutions que pour l'ensemble des collectivités, ce qui est plausible, on peut déduire des estimations précédentes des projections de prélèvements globaux induits par les demandes du tourisme.

Par rapport à 1984 les prélèvements induits par la demande du tourisme s'accroîtraient ainsi suivant les scénarios, de 60 à 215 % en 2000 et de 215 à près de 400 % en 2025 (soit 1 à 2 doublements).

Si la répartition actuelle déduite du tableau 25 (Nord : 95 %, Sud et Est : 5 %) reste admise, ce qui est plausible en 2000 mais plus douteux en 2025 (encore que l'écart actuel est tel qu'il ne pourra pas se transformer dans une large mesure...), les prélèvements globaux suivants pourraient en être déduits par région :

Scénarios	2000		2025	
	Nord	Sud et Est	Nord	Sud et Est
T2	855	45	1 140	60
T3	1 045	55	1 615	85
A	1 045-1 140	55-60	1 900-2 090	100-110

Rejets d'eau usée et consommations finales

En supposant conservés les taux de rejets globaux du tourisme en 1984 et les proportions de consommation finale des volumes d'eau utilisés, sans différenciation sensible suivant les scénarios, les résultats seraient les suivants :

Scénarios	Rejets en hm^3/an		Consommations finales en hm^3/an	
	Horizon 2000	Horizon 2025	Horizon 2000	Horizon 2025
T2	508	686	480	650
T3	672	1 105	635	1 046
A	730-795	1 320-1 512	690-752	1 250-1 430

Ces rejets et consommations pourraient se répartir, par région, comme les prélèvements, soit 90 à 95 % au Nord et 5 à 10 % au Sud et à l'Est.

Rejets et émissions de matières

Les rejets bruts de matières engendrés par la population touristique, exprimables notamment en "habitant-équivalent" à l'échelle annuelle, devraient évoluer comme les rejets d'eau usée et suivant les mêmes standards unitaires que ceux des collectivités. Sur la base des estimations globales de leur état actuel, les flux de rejets bruts pourraient être projetés de manière très théorique :

Scénarios	Horizon	Flux de matières rejetées en Kt/an			
		MO	MES	MDT	N
T2	2000	0,33	0,43	0,27	0,03
	2025	0,45	0,57	0,37	0,04
T3	2000	0,44	0,56	0,36	0,04
	2025	0,73	0,92	0,59	0,07
A	2000	0,48-0,52	0,61-0,67	0,39-0,43	0,04-0,05
	2025	0,87-1,00	1,10-1,27	0,71-0,81	0,08-0,09

La répartition entre Nord d'une part, et Sud et Est d'autre part, supputée pour les rejets en volume, serait vraisemblablement valable ici.

Les émissions finales conséquentes atteignant les eaux continentales ne devraient, comme actuellement, représenter qu'une faible part de ces rejets (en volume annuel). Ces parts pourraient être moindres avec les scénarios A et T3 qu'avec T2. Toutefois les nécessités de prévenir les rétroactions de pollutions de l'environnement sur le tourisme devraient, dans tous les cas, motiver des taux élevés de collecte et d'épuration des eaux usées des zones à vocation touristique, que les effluents finaux soient déversés en mer ou dans les eaux continentales.

5.3. *Prospective des demandes additionnelles à celles des collectivités*

Par rapport à la prospective des demandes des collectivités (cf. chapitre 4), qui incluait les demandes du tourisme mais sans tenir compte de leur développement propre, il y a lieu d'estimer les écarts induits par le tourisme, par rapport à une croissance zéro de sa demande. En toute rigueur, pour calculer ces demandes additionnelles, additives à celles des collectivités déjà calculées en fonction des croissances démographiques, seules les demandes induites par une croissance des "populations touristiques" supérieure à celle des populations desservies devraient être estimées. Néanmoins, pour simplifier, seuls seront pris en compte les écarts absolus des demandes du tourisme supputées en 2000 et 2025 par rapport aux demandes de 1984, avec le risque d'une surestimation des demandes réellement additionnelles.

Approvisionnements et prélèvements additionnels

En proportion des prélèvements totaux pour la production d'eau potable de desserte des collectivités projetés précédemment (cf. chapitre 4), en y in-

cluant ces prélèvements additionnels, les prélèvements globalement induits par le tourisme évolueraient alors comme suit :

Scénarios	Approvisionnements en hm³/an		Prélèvements en hm³/an	
	Horizon 2000	Horizon 2025	Horizon 2000	Horizon 2025
T2	203	412	330	650
T3	395	905	530	1 130
A	463-540	1 159-1 384	540-640	1 380-1 660

Ainsi la demande en eau du tourisme devrait croître un peu plus que les autres demandes en eau potable, mais modérément, sa part ne doublant qu'à l'horizon 2025 avec les scénarios A.

Rejets et consommations finales additionnels

La même approche pourrait s'appliquer au calcul des rejets bruts et des émissions finales de matières additionnels. Ces dernières devraient cependant différer trop peu significativement d'émissions globales présumées faibles, tandis que les rejets bruts additionnels à collecter et à épurer qui nécessiteront des efforts d'équipement complémentaire notables, sont à définir au niveau saisonnier et pour les localités touristiques, bien plus qu'en moyenne annuelle et à une échelle globale.

Scénarios	Rejets en hm³/an		Consommations finales en hm³/an	
	Horizon 2000	Horizon 2025	Horizon 2000	Horizon 2025
T2	174	352	163	333
T3	338	771	318	729
A	396-461	986-1 178	373-435	933-1 113

Les projections de demandes précédentes, totales ou additionnelles, gagneraient naturellement à être détaillées, au moins par groupes de pays, et affinées en traitant à part les zones littorales. Les évolutions supputées pourraient en effet modifier sensiblement, surtout à l'horizon 2025, la répartition actuelle des demandes entre Nord, Sud et Est, et plus particulièrement entre les pays à forte population touristique présente et ceux où le tourisme est encore peu développé mais où existent de notables potentialités.

En conclusion, le développement du tourisme dans le bassin méditerranéen et ses concentrations dans l'espace (littoralisation) et dans le temps (saisonnalité) devraient peser d'abord sur les nécessités d'équipement (production et transport, distribution, assainissement) dont les surdimensionnements locaux, par rapport à ceux suffisant pour les demandes courantes des collectivités, impliqueront des charges économiques plus difficilement assumées dans le scénario T2.

Le tourisme devrait donc accentuer l'attraction émanant du littoral sur les ressources en eau intérieures, mais moins en moyenne annuelle que pendant les périodes de pointe, son incidence sur les demandes urbaines globales restant modérée. Par ailleurs le développement du tourisme devrait conjuguer cette pression accrue sur les ressources en eau avec des demandes de préservation des eaux du milieu, voire de restauration ou de création d'espaces aquatiques, mais pas nécessairement dans les mêmes zones...

6. Transferts et exportations d'eau

A l'inverse de plusieurs exemples de transferts importateurs d'eau dans le bassin, il n'existe présentement aucun transfert d'eau "exportateur" hors du bassin méditerranéen, hormis un cas signalé ci-après dans le Nord de l'Espagne. De telles exportations ne sont cependant pas exclues à l'avenir. Aussi doit-on les évoquer en prospective. Les utilisations visées se situant hors du bassin, donc n'étant pas liées au développement socio-économique générateur de demandes en eau dans le bassin, il s'agirait de compléments aux demandes sectorielles considérées précédemment : de production d'eau-matière première pour l'exportation.

Deux cas pourront se présenter :

– transferts intérieurs dans un pays "partagé", au profit d'utilisations situées dans son territoire mais en dehors du bassin méditerranéen,

– transferts extérieurs, exportateurs proprement dit au sens économique, vers des pays non riverains de la Méditerranée.

Transferts intérieurs

• Depuis une vingtaine d'années, un transfert est opéré en Espagne entre l'Ebre supérieur et le Nervion, rivière côtière du versant atlantique, pour contribuer à l'alimentation de Bilbao et à la production hydroélectrique (150 millions de m^3/an). Un transfert complémentaire, projeté de l'Ebre au Besaya dans le même but, porterait l'"exportation" de l'Ebre vers le versant atlantique à 172 millions de m^3/an.

• En Egypte, le projet de dériver des eaux du Nil accumulées dans le réservoir d'Assouan vers les oasis du Désert occidental, notamment au Sud de Kharga, a été envisagé vers les années 1970. Un canal d'une quarantaine de km pourrait transférer 7,5 à 8 10^9 m^3/an par gravité, et permettre l'irrigation d'un million de feddans (420 000 ha) complémentaires. Un tel projet aurait consisté à attribuer au développement de la "New Valley" l'essentiel du gain en eau apporté à l'Egypte par l'aménagement d'Assouan. Ce projet paraît écarté aujourd'hui, en partie du fait de la faiblesse des réserves fournies par Assouan, au profit d'un développement des oasis de la "New Valley" basé exclusivement sur l'eau souterraine (aquifère des grès de Nubie).

• En Egypte encore, c'est à partir de la dérivation d'eaux du Nil que l'occupation du littoral de la mer Rouge sur les deux rives du golfe de Suez, en particulier pour le tourisme, peut se développer ; et il en est de même pour certains projets de tourisme à l'ouest d'Alexandrie.

• En Turquie, le projet de dériver des eaux des bassins excédentaires du Seyhan et du Ceyhan vers les plaines semi-arides de bassins fermés de l'Anatolie centrale (région de Konya) est à l'étude depuis assez longtemps. Il rivaliserait cependant avec le projet plus récent (et jugé plus profitable pour l'économie turque) d'exportation d'eau de ces fleuves vers les pays arabes.

• En Algérie, des transferts sont déjà réalisés ou projetés à l'intérieur du bassin méditerranéen, notamment dans les régions centrale et orientale, pour transporter vers les bassins amont déficitaires l'eau des parties aval excédentaires car mieux arrosées. Ils pourraient s'étendre plus tard vers certaines zones des bassins fermés des hauts plateaux.

Il y a lieu de souligner l'importance croissante des transferts d'eau de bassin à bassin à l'intérieur de la partie méditerranéenne d'un même pays, par exemple en Tunisie, comme l'un des moyens essentiels d'aménagement et de gestion dans l'avenir.

Transferts d'eau en Tunisie

Le Plan directeur de l'utilisation des eaux du Nord de la Tunisie a pour objectif la mobilisation des ressources en eaux de surface afin de satisfaire au mieux les besoins en eau à usages multiples jusqu'à l'horizon 2000.

L'emprise géographique du Plan s'étend sur tout le nord de la Tunisie (bassins versants des oueds Medjerdah et Zouara, du lac Ichkeul, et de l'extrême nord) et atteint au sud la région de Sfax.

La priorité des utilisations a été accordée à l'eau potable des grandes agglomérations du Nord et de la zone côtière ; mais, par l'importance des besoins à satisfaire, il s'agit surtout d'un projet à vocation hydro-agricole (plus de 150 000 ha de périmètres irriguables).

Ressources :

Les ressources en eau de surface de la Tunisie sont estimées à 2,7 milliards de m^3/an dont 2,1 au Nord, soit 77 % du total.

Le Plan directeur des eaux du Nord concerne un potentiel de 1,9 milliard de m^3/an.

Ces ressources sont mobilisées par 10 barrages retenant un volume de 1,1 milliard de m^3. Les barrages programmés à court et à long terme porteront le total, près de 1,7 milliard de m^3, soit 87 % du total des ressources de la région techniquement mobilisables par des barrages.

Gestion :

Pour assurer une gestion souple de cet ensemble d'ouvrages, le Plan directeur s'appuie sur 2 principes majeurs :

– la possibilité d'inter-connexion entre les barrages d'un même bassin versant,

– le transfert d'un bassin versant à un autre.

Cette conception permet d'optimiser les volumes stockés et d'éviter le déversement des eaux à la mer, et en même temps d'améliorer la qualité des eaux par un mélange entre les apports d'eau douce de la rive gauche de la Medjerda et de l'extrême Nord, avec les apports de qualité médiocre des affluents de la rive droite.

La complexité de ce système a conduit à l'établissement d'un modèle mathématique qui permet de simuler la confrontation des ressources et des besoins et de proposer différentes hypothèses d'aménagement à différents horizons de temps.

Transferts d'eau :

Outre son appartenance à une zone semi-aride, la Tunisie doit faire face au problème de non concordance entre les secteurs de consommation de l'eau et les zones de mobilisation de cette eau.

Ceci a nécessité la mise en place d'une stratégie à court et à long terme de transfert d'eau d'un bassin à un autre, ou d'une région à une autre, afin de satisfaire les besoins vitaux de la population.

Les principaux axes de transfert de l'eau, s'étendant sur plusieurs centaines de kilomètres, sont les suivants :

– Conduite de Oued Ellil : alimente le Grand Tunis avec un débit de 1 m^3/sec.

– Conduite de Kasseb : véhicule 1,1 m^3/sec. également pour les besoins du Grand Tunis.

– Conduite de Joumine : permet le transfert de 4 m^3/sec. destinés à adoucir les eaux de la Medjerdah pour satisfaire les besoins en eau potable des secteurs de Tunis, Cap Bon, Sahel et Sfax.

– Canal Medjerda-Cap Bon : d'un débit maximal de 16 m^3/sec. en tête, il permet de desservir Tunis et Cap Bon (eau potable), Mornag et Cap Bon (irrigation), Sahel et Sfax (eau potable).

– Conduite de Sejnane et Sidi-El Barrak : conduites projetées dont l'objectif est l'apport d'eau et l'amélioration de la qualité du système Medjerda-Cap Bon.

Le total du volume transférable se monte ainsi à 880 millions de m^3/an, soit la moitié des ressources en eau mobilisées en Tunisie du Nord. Cet exemple montre l'importance considérable que peut prendre le transfert de l'eau dans un proche avenir.

Source : H. Louati (1992).

Exportation

Récemment (1987), la Turquie a proposé d'exporter de l'eau potable à partir des fleuves Seyhan et Ceyhan, – qui débitent respectivement en moyenne 5,9 et 7,25 milliards de m^3/an en Méditerranée, non loin de la frontière syrienne – jusqu'au Koweit, au territoire saoudien riverain du golfe et aux Emirats Arabes Unis d'une part, en Jordanie et en Arabie Saoudite occidentale jusqu'à La Mecque d'autre part. Deux conduites longues respectivement de 2200 et 2400 km pourraient transporter chacune 1 milliard de m^3/an (environ 30 m^3/s), en traversant la Syrie (coût esquissé : 15 à 20 milliards de $). Ce projet de "Peace Pipe-line" soulève évidemment bien d'autres problèmes géopolitiques que ceux de son financement...

7. Récapitulation

Au terme des exercices de prospective des demandes par secteur que l'on vient de présenter, il reste à établir des sommations, nécessaires pour confronter ces demandes aux ressources et au milieu naturel, et pour effectuer des comparaisons entre pays et régions, entre scénarios ou entre secteurs...

Au préalable, deux remarques :

– Dissymétrie entre les demandes en eau quantitatives et les sollicitations du milieu aquatique par les émissions de matières : seules les premières se prêtent à des sommations à signification macroscopique ; les secondes, qui diffèrent assez largement en nature, ne sont que très partiellement additives et par conséquent comparables.

– Difficulté de sommations homogènes du fait que, suivant les secteurs, les estimations de demandes futures ont pu être opérées soit par pays soit seulement par grandes régions.

Comme il en a été pour les prospectives sectorielles, les demandes sommées ici résultent des "besoins" (demandes d'approvisionnement, rejets et demandes d'évacuation) supputés suivant les différents scénarios, sans tenir compte encore des éventuels effets des limitations de la ressource : la confrontation demandes/ressources, qui pourra faire apparaître de telles nécessités, sera l'objet du chapitre suivant. Toutefois, comme on l'a vu au chapitre 2, dès à présent les demandes en eau (approvisionnements) ne sont pas entièrement satisfaites par des prélèvements sur la ressource "primaire" en Egypte (pour l'irrigation), ainsi qu'en Israël, en Libye et à Malte, où le recours à des ressources "secondaires" ou "non conventionnelles" est déjà pratiqué. Dans ces pays au moins, seules les parts des demandes en eau "potentielles" totales conjecturées par secteur, qui seraient présumées à satisfaire en exploitant les ressources naturelles, ont été prises en compte.

7.1. *Demandes en eau en quantité : prélèvements primaires et consommations finales*

Nonobstant la difficulté mentionnée ci-dessus, deux tableaux récapitulatifs des estimations sectorielles des prélèvements primaires et des consommations finales (volumes prélevés et non restitués aux eaux continentales après usage) ont été dressés par pays (dans le bassin méditerranéen), pour chaque scénario. Pour ce faire, des répartitions hypothétiques par pays de certaines estimations sectorielles globales (demandes de l'industrie, de la production thermo-électrique, du tourisme ont été inspirées par leurs répartitions relatives actuelles.

Sommations par pays (tab. 25)

La comparaison entre pays montre les mêmes disparités et les mêmes dominantes que dans l'état actuel. Les deux pays les plus gros preneurs resteraient l'Egypte (toujours de l'ordre de 70 % des prélèvements des pays du Sud et de l'Est) et l'Italie (toujours de l'ordre de 50 % de ceux des pays du Nord) sans écarts sensibles suivant les scénarios et les horizons (fig. 16). Viendraient toujours en second rang, pour tous scénarios et horizons, l'Espagne, puis la France et la Turquie en 2000, la Turquie dépassant la France en 2025. Toujours pour les prélèvements, les plus fortes croissances relatives entre 2000 et 2025 seraient celles de l'Algérie (+ 86 %), du Maroc (+ 56 %) et de la Turquie (+ 42,5 %), toutes avec les scénarios A. Au contraire des décroissances surviendraient en Italie (avec T2 : – 4,5 %), en Israël (– 5 à 6 %) et surtout en France (de – 25 à – 73 % suivant les scénarios).

Les prélèvements totaux supputés aux horizons 2000 et 2025 dans chaque pays diffèrent généralement peu suivant les scénarios. C'est pour la plupart avec T3 que les volumes prélevés seraient les plus forts. Les écarts absolus les plus amples correspondraient aux pays les plus utilisateurs (Egypte, Italie), tandis que des écarts relatifs notables entre scénarios sont pronostiqués, en 2025, en Algérie et en Turquie.

Quant aux consommations finales, c'est encore en Egypte que se maintiendrait, de beaucoup, la plus forte part : 41 à 46 % de tout le bassin en

2000, et 38 à 41 % en 2025. Les pays les plus consommateurs seraient ensuite l'Italie, l'Espagne la Turquie et la Grèce, quels que soient les scénarios : on retrouve ici l'incidence des irrigations.

Tableau 25
Demandes en eau totales du bassin méditerranéen (volumes annuels en km³)

Pays (dans le bassin méditerranéen)	Horizon	Prélèvements primaires			Consommations finales		
		Scénario T2	Scénario T3	Scénarios A	Scénario T2	Scénario T3	Scénarios A
Espagne	2000	20,2	23	21	14,8	15,9	15,6
	2025	22,3	25,3	25	16,2	17,4	18,6
France	2000	15,5	18,6	17,8	2,3	2,8	2,8
	2025	12,2	12,3	10,3	2,8	3,6	3,8
Italie	2000	49	53,7	45,2	17,1	22	24,4
	2025	46,9	57,7	52,4	19,2	27,6	33,4
Malte	2000	0,03	0,04	0,033	0,02	0,03	0,02
	2025	0,032	0,044	0,033	0,02	0,03	0,02
Yougoslavie	2000	1,44	2,25	1,9	0,3	0,44	0,41
	2025	1,64	2,7	1,9	0,31	0,53	0,5
Albanie	2000	2,6	3,2	2,8	0,36	0,5	0,4
	2025	3,3	3,7	3,1	0,5	0,6	0,45
Grèce	2000	7,7	8,6	9	4,1	4,4	5,3
	2025	9	10,5	10,4	5,2	6,1	6,8
Turquie	2000	9,2	10,3	10,6	4,1	5,1	5,9
	2025	10,8	13,8	15,1	5,2	7,5	9,2
Chypre	2000	0,64	0,9	0,64	0,41	0,61	0,51
	2025	0,71	0,87	0,66	0,46	0,67	0,57
Syrie	2000	2	2,3	2,1	1	1,1	1
	2025	2,3	2,8	2,2	1,1	1,4	1
Liban	2000	1,1	1,4	1,1	0,63	0,9	0,78
	2025	1,34	1,7	1,34	0,76	1,17	0,96
Israël	2000	1,9	2	1,7	1,1	1,26	1,2
	2025	1,8	1,9	1,6	1,05	1,3	1,1
Egypte	2000	58,4	61,4	59,5	43,5	43,3	44,8
	2025	62,5	71	69,1	41,6	46,6	51,7
Libye	2000	3,7	3,8	3	2,3	2,75	2,4
	2025	4	4,3	3,2	2,4	2,9	2,5
Tunisie	2000	2,44	3	2,75	1,3	1,8	1,9
	2025	2,83	3,6	3	1,8	2,3	2,3
Algérie	2000	2,6	4	3,5	1,1	1,9	2
	2025	3,34	6,4	6,5	1,6	3,1	3,3
Maroc	2000	1,56	1,8	1,7	0,82	1	1,1
	2025	2,1	2,35	2,65	1,2	1,5	2

Sommations globales (tab. 26)

Les sommations des demandes par grandes régions (Nord, Sud et Est) et pour l'ensemble du bassin gagnent en validité en évitant quelques difficultés de répartition entre pays (tab. 26).

Tableau 26
Demandes sectorielles en eau

Ensemble de pays (dans le bassin méditerranéen)	Sec-teurs	Etat actuel (~ 1985)		Prélèvements primaires Q en km³/an — Horizon 2000						Horizon 2025					
				T2		T3		A		T2		T3		A	
		Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%
	P	11,3	13,4	12,7	13,5	16,8	15,5	14,5	15,1	14,4	15,5	19,3	17,7	17,4	17,2
Total Nord	A	52,4	62	62	66	64	60	57	59,5	61	65,7	70	64,0	68,5	67,9
	I	10	11,8	8	8,5	12	11,5	10	10,4	10	10,8	13	11,9	9	8,9
(Esp. → Grèce)	E	10,8	12,8	11,6	12	14	13	14,3	15	7,5	8	7	6,4	6	6,0
	Σ	84,5	100,0	94,3	100,0	106,8	100,0	95,8	100,0	92,9	100,0	109,3	100,0	100,9	100,0
Total	P	6,8	10	8,6	10,5	9,9	11,1	7,3	8,6	13	14,5	18,8	18,0	14,9	14,4
Sud + Est	A	57,7	84	65	79	66,8	74,7	67,7	80,4	64,2	71	69,5	66,6	79	76,3
	I	4	6	4	5	6	6,7	5	6	5	5,5	7	6,8	6	5,8
(Turq. → Mar.)	E	ε	–	4,6	5,5	6,7	7,5	4,2	5	8,1	9	9	8,6	3,7	3,5
	Σ	68,5	100,0	82,2	100,0	89,4	100,0	84,2	100,0	90,3	100,0	104,3	100,0	103,6	100,0
	P	18,1	12	21,3	12	26,7	14	21,8	12	27,4	15	38,1	18,0	32,3	16,0
Total	A	110,1	72	127	72	130,8	67	124,7	69	125,2	68	139,5	65,0	147,5	72,0
	I	14	9	12	7	18	9	15	8,5	15	8	20	9,0	15	7,0
	E	10,8	7	16,2	9	20,7	10	18,5	10,5	15,6	9	16	8,0	9,7	5,0
	Σ	153,0	100,0	176,5	100,0	196,2	100,0	180,0	100,0	183,2	100,0	213,6	100,0	204,5	100,0
		Consommations finales en km³/an													
	P	2,5	7,5	2,6	7	3,7	8	3,4	7	2,9	7	4,5	8,0	4,2	7,0
Total Nord	A	30	89,2	34,2	88	39,3	86	43,1	88	38,7	88	48,3	87,0	56,7	90,0
	I	1	3	~ 1,7	4	~ 2,3	5	~ 2	4	~ 2	4	~ 2,6	4,0	~ 1,8	3,0
	E	0,1	0,3	0,25	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,4	1,0	0,5	ε
	Σ	33,0	100,0	38,8	100,0	45,6	100,0	48,8	100,0	43,9	100,0	55,8	100,0	63,2	100,0
Total	P	1,1	2,1	1,3	2	1,8	3	1,5	2	2	3,5	3,7	5,5	2,8	4,0
Sud + Est	A	45	97	53,9	97	56,7	96	59,4	97	54,4	95,5	63,4	93,5	70,8	95,5
	I	0,4	0,9	~ 0,3	1	~ 0,5	1	~ 0,4	1	~ 0,4	1	~ 0,5	1,0	~ 0,4	0,5
	E	ε	–	0,05	ε	0,1	ε	0,1	ε	0,1	ε	0,2	ε	0,2	ε
	Σ	47,0	100,0	55,5	100,0	59,1	100,0	61,4	100,0	56,9	100,0	67,8	100,0	74,2	100,0
	P	3,6	4,5	3,9	4,3	5,5	5,2	4,9	4,4	4,9	4,8	8,2	6,6	7	5,1
Total	A	75	94	88,1	93,4	96	91,7	102,5	93	93,1	92,4	111,7	90,4	127,5	92,8
	I	1,4	1,5	~ 2	2	~ 2,8	2,7	~ 2,4	2,2	~ 2,4	2,4	~ 3,1	2,5	~ 2,2	1,6
	E	0,1	–	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,7	0,5
	Σ	80,0	100,0	94,3	100,0	104,7	100,0	110,2	100,0	100,8	100,0	123,6	100,0	137,4	100,0

Secteurs : P = Population (collectivités, tourisme) ; A = Agriculture (irrigation) ; I = Industries non desservies ; E = Energie (centrales thermoélectriques/refroidissement).

Tableau 27
*Demandes en eau globales rapportées aux demandes actuelles**

Ensemble de pays (dans le bassin méditerranéen)	Horizon	Prélèvements primaires			Consommations finales		
		Scénario T2	Scénario T3	Scénarios A	Scénario T2	Scénario T3	Scénarios A
Nord	2000	112	126	113	118	138	148
	2025	110	129	119	133	169	192
Sud + Est	2000	120	130	123	116	123	128
	2025	132	152	151	119	141	155
Ensemble du bassin	2000	115	128	118	116	129	136
	2025	120	140	134	124	153	170

* Indice 100 = ~ 1985.

Les demandes globales de prélèvements, qui pourraient atteindre 176 à 196 milliards de m^3 en 2000 et 183 à 214 milliards en 2025 diffèrent modérément suivant les scénarios : de 11 % en 2000 et de 17 % en 2025. Ces écarts sont à peine significatifs si l'on pense aux incertitudes qui ont affecté beaucoup de chiffrages. Les tendances lourdes des évolutions des facteurs de demande paraissent peser plus que les différenciations imputables aux scénarios. On ne doit pas perdre de vue à cet égard que deux pays à eux seuls, l'Egypte et l'Italie, continueraient dans tous les cas à cumuler ensemble une grande partie des demandes globales : presque invariablement 60 %.

Les consommations finales, qui pourraient atteindre 95 à 110 milliards de m^3 en 2000 et 100 à 137 milliards en 2025 seraient un peu plus écartées, surtout en 2025.

En comparaison de l'état actuel des demandes (tab. 27), les croissances jusqu'en 2000 sont plus fortes qu'entre 2000 et 2025, sauf celles des consommations finales en A. Les croissances de ces consommations finales seraient plus fortes que celles des prélèvements (sauf d'ici 2000 en T2 et T3), surtout avec les scénarios A. Ainsi, alors que les plus fortes croissances de prélèvements correspondraient au scénario T3, c'est avec A que les consommations augmenteraient le plus, aux deux horizons.

Comparaisons Nord / Sud et Est

Là encore les scénarios diffèrent peu. Les prélèvements du Nord resteraient légèrement supérieurs à ceux du Sud-Est en 2000, leur part régressant un peu en 2025. A l'inverse, ce sont les consommations finales du Sud et de l'Est qui prédomineraient, en 2000 et dont la part diminuerait un peu en 2025. En somme, aucun basculement significatif entre les parts des deux régions, mais plutôt évolutions vers un rééquilibrage tant des prélèvements que des consommations, entre 2000 et 2025, avec tous les scénarios. Plus contrastées seraient les évolutions respectives du ratio consommations finales/prélèvements : sensiblement plus élevé au Sud et à l'Est qu'au Nord (presque double), ce ratio tendrait à croître nettement au Nord (suivant tous les scénarios, mais surtout avec A) et au contraire à décroître au Sud et à l'Est, ou du moins à se stabiliser (avec A). Cette différence, résultat d'une crois-

sance des prélèvements plus rapide que celle des consommations finales au Sud et à l'Est, pourrait indiquer que le progrès des efficiences d'usage (y compris sous la forme de réutilisation), qui sont des facteurs de consommation, n'y suivrait pas la progression des prélèvements, au contraire de ce qui se passerait au Nord.

Comparaisons inter-sectorielles

La répartition actuelle par secteur des demandes globales ne serait pas radicalement modifiée aux horizons 2000 et 2025, quels que soient les scénarios. La part prise par l'agriculture resterait prédominante sur les prélèvements globaux et plus encore sur les consommations finales (fig. 16). Quelques écarts significatifs peuvent être relevés :

– La part des prélèvements de l'agriculture tendrait à décroître un peu, aux deux horizons, avec le scénario T3, tandis qu'après un fléchissement en 2000, elle se redresserait en 2025 avec A ; mais elle représenterait toujours au moins les 2/3 du total.

– La part des consommations agricoles évoluerait peu et ne diminuerait légèrement qu'avec T3, en restant supérieure à 90 % dans tous les cas.

– Les demandes des collectivités demeureraient toujours les secondes par ordre d'importance, en prélèvement comme en consommation. Leur part ne s'accroîtrait sensiblement qu'avec T3.

– La part des industries resterait toujours inférieure à 10 % des prélèvements et de l'ordre de 2 à 3 % des consommations, sans écarts bien significatifs suivant les scénarios, et en tendant généralement à décroître par rapport aux états actuels.

– Quant à l'énergie (refroidissement des centrales thermiques), sa part serait peu différenciée et à peine supérieure à son état actuel, sans dépasser 10 % des prélèvements et 1 % des consommations, une réduction sensible n'intervenant qu'en 2025 avec A.

Les évolutions respectives des proportions des demandes sectorielles dans les pays du Nord et les pays du Sud et de l'Est seraient plus dissemblables, quoique sans contraste accusé.

– La part des prélèvements de l'agriculture diminuerait sensiblement au Sud et à l'Est, surtout avec T3 (s'abaissant aux 2/3 en 2025 (au lieu de 84 % actuellement), tandis qu'au Nord, après une relative stabilité jusqu'en 2000 elle tendrait à croître un peu en 2025 (surtout avec A) ; la part des consommations resterait toujours très forte au Sud et à l'Est (90 à 93 %) et se tasserait un peu au Nord (86 à 90 %) sans variation nette entre les scénarios.

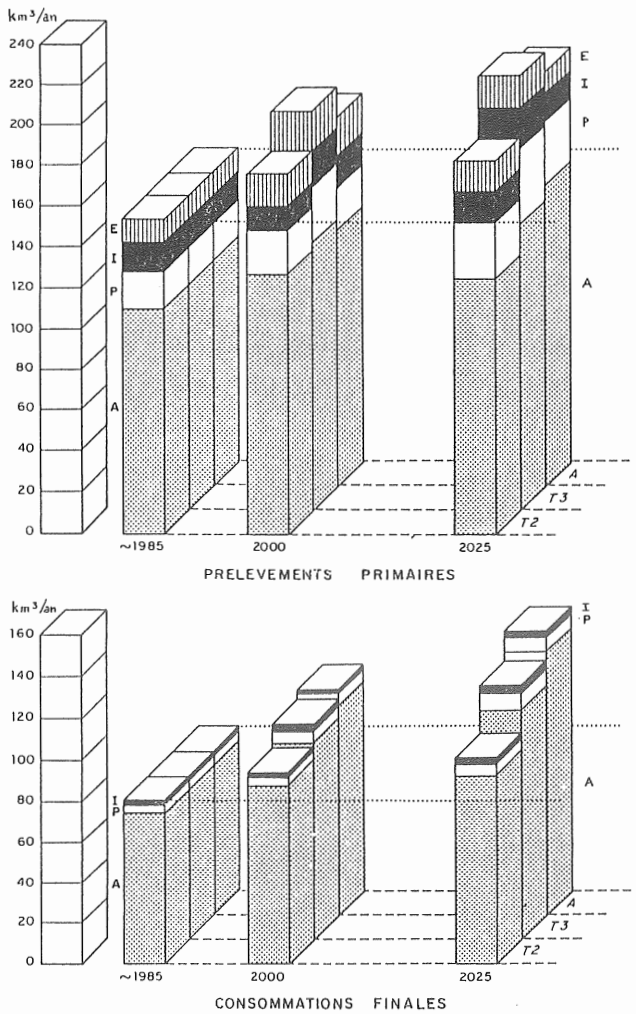
– La part des prélèvements pour les collectivités croîtrait un peu plus au Sud et à l'Est qu'au Nord surtout en 2025 avec T3 (avec égalisation des parts respectives à 18 %).

– La part des prélèvements pour le refroidissement des centrales thermiques diminuerait sensiblement au Nord en 2025 (de plus de moitié) après une stabilité en 2000, tandis qu'elle augmenterait au Sud et à l'Est avec T2 et surtout T3 en fléchissant seulement avec A en 2025.

Des évolutions plus différenciées des compositions des demandes surviendraient à l'échelle de chaque pays, l'agriculture étant encore le facteur

le plus important, mais aussi relativement le plus stable. Les évolutions possibles des demandes des collectivités et du secteur énergie détermineraient davantage les différences de composition suivant les scénarios et surtout leur changement entre 2000 et 2025.

Figure 16
Demandes sectorielles totales en eau dans le bassin méditerranéen, suivant les scénarios



Légende : Secteurs A = Agriculture (irrigation) ; P = Population (collectivités, tourisme) ; I = Industries non desservies ; E = Energie (centrales thermoélectriques/refroidissement).

7.2. *Emissions de matières*

Les émissions de matières, génératrices d'impact sur les qualités des eaux continentales, ont été beaucoup plus inégalement et incomplètement chiffrées que les demandes en quantité. De plus les estimations tentées s'en sont

tenues à l'échelle globale des grandes régions, voire du bassin entier, ce qui exclut des sommations et des comparaisons sectorielles dans chaque pays et des comparaisons entre pays. Aussi une récapitulation des prospectives de ces émissions conjecturées par secteur restera-t-elle nécessairement globale, donc peu significative pour en déduire des conséquences sur le milieu.

Les quelques estimations calculées précédemment pour les émissions globales de matières se prêtent sinon à des sommations, du moins à des comparaisons (tab. 28) : celles des secteurs "collectivités" et "agriculture", en s'en tenant aux émissions finales dont les eaux continentales seraient réceptrices ; le secteur "industrie" n'y est mentionné que pour mémoire, pour permettre une comparaison dans l'état actuel ; les productions de MES (sédiments) induites par l'agriculture ne sont pas non plus prises en compte.

Comparaison entre scénarios

Par hypothèse, les émissions conjecturées en 2000 comme en 2025 devaient être moindres avec les scénarios A qu'avec T3 et surtout T2, dans lequel les croissances étaient présumées maximales, pour toutes les variables. Il reste à apprécier dans quelle mesure, et si les écarts peuvent être significatifs.

Tableau 28
Emissions globales de matières dans le bassin méditerranéen (millions de tonnes par an)

Horizon	Scénarios	Emissions des collectivités (1)				Emissions agricoles (2)		Emissions des industries (3)	
		MO	MES	MDT	N	Azotés	Phosphatés	DCO	MES
Actuels		4,9	6,4	5	0,5	2,1	1,1	8,9	13,6
2000	T2	5,6	6,7	5,5	0,57	3,1	1,3	> (>> au SE)	> (>> au SE)
	T3	5,2	6,1	5,9	0,54	2,7	1,3	= (> au SE)	= (> au SE)
	A	4	4,5	5,3	0,39	3,2 à 3,4	1,6 à 1,7	<	<
2025	T2	7,5	10,1	7,3	0,76	5,7	2,7	>	>
	T3	6,75	8,5	8,1	0,69	3,9	2,1	= à <	= à <
	A	3,6	4,5	8,2	0,37	4 à 4,6	2,1 à 2,2	<<	<<

(1) Flux déversés dans les eaux continentales.
(2) Part non consommée des apports de fertilisants aux sols cultivés (estimations rapportées aux seules régions méditerranéennes).
(3) Flux d'origine industrielle présumés apportés à la mer par les cours d'eau, d'après PNUE, MED X (1975). (Estimations incomplètement additives à celles des estimations pour les collectivités qui incluent les rejets des industries raccordées à l'assainissement). Leurs états futurs n'ont pu être chiffrés : on s'est borné à conjecturer des tendances de stabilité (=), de croissance (>) ou de décroissance (<), par rapport à l'état actuel.

Ces écarts demeureraient faibles à l'horizon 2000, toutefois dans un sens différent par rapport à l'état actuel, selon les scénarios, pour les émissions des collectivités : croissance avec T2 et T3, décroissance avec A. Au contraire c'est avec A que les rejets agricoles croîtraient le plus (de plus de 50 %).

Les écarts s'élargiraient à l'horizon 2025, en suivant les mêmes tendances : croissance maximale avec T2 (émissions des collectivités et rejets agricoles), accentuation de la décroissance des émissions des collectivités avec A (sauf pour MDT). Par rapport à l'état actuel pris comme base 100, les indices en 2025 pourraient être les suivants :

Scénarios	Emissions des collectivités (MO, MES, MDT, N)	Rejets agricoles N	P
T2	150 à 160	270	245
T3	130 à 140 (sauf MDT : 160)	185	190
A	60 à 70 (sauf MDT : 165)	200	200

Les différences par rapport aux demandes en quantité projetées (tab. 26) sont assez significatives : progression plus forte des pressions sur les qualités des eaux avec T2 et T3 (et maximum avec T2, alors que la croissance des demandes en quantité était minimale avec ce scénario) ; au contraire, décroissance d'une partie des émissions (collectivités) avec A, scénario de la plus forte croissance des consommations finales en quantité. Ces comparaisons, sans doute révélatrices de tendances lourdes, restent toutefois trop globales et seraient plus instructives si elles pouvaient être affinées à l'échelle de chaque pays.

Comparaison entre secteurs

Bien que cette comparaison soit limitée aux variables approximativement de même nature (matières oxydables, azote, matières en suspension), elle conduit à quelques observations essentielles :

– Au départ, c'est-à-dire dans les années 1980, l'industrie apparaît de beaucoup comme principal émetteur (si l'on fait abstraction des MES mobilisées par l'agriculture) : elle émettrait deux fois plus de matières oxydables et de MES que les collectivités. De son côté l'agriculture est le principal émetteur d'azote (4/5 du total).

– Ces proportions respectives ne devraient pas être modifiées sensiblement en 2000, la part relative des émissions azotées de l'agriculture pouvant seulement croître encore un peu, surtout avec A (jusqu'à 90 %).

– En 2025 ces poids relatifs des secteurs pourraient varier davantage avec les scénarios, ceux des émissions industrielles étant toutefois la principale inconnue.

Des ratios certainement plus contrastés résulteraient, là encore, de comparaison moins globale. Une analyse par pays, et mieux encore par région intérieure ou bassin élémentaire, ferait mieux ressortir l'importance et la hiérarchie des problèmes à venir, posés par les émissions.

Cette analyse partielle a laissé de côté les émissions d'innombrables matières, faibles en quantité mais souvent nocives ou toxiques en faible teneur, non chiffrées actuellement et encore moins estimables dans le futur (d'autant plus qu'il s'en crée sans cesse de nouvelles) ; les sommations macroscopiques de ces éléments ne seraient, de toute façon, pas pertinentes.

Chapitre

V.

Prospective des interactions entre l'eau et ses utilisations

Après la récapitulation des demandes, il est possible d'en déduire et d'apprécier, au moins globalement, les pressions que ces utilisations d'eau pourraient exercer sur le milieu naturel des eaux continentales, suivant les différents scénarios. La confrontation conceptuelle – anticipation des confrontations réelles futures – entre utilisations et milieu naturel, plus large que la simple comparaison demande/ressource qu'elle englobe, procèdera à cette fin de deux points de vue distincts mais indissociables :

– appréciation des impacts (quantité et qualités) des actions d'exploitation d'eau (prélèvements et consommations finales, transformations de structure et de régime) et des émissions de matière conjecturées sur l'état du milieu ;

– appréciation des degrés de faisabilité des utilisations, eu égard aux potentialités et aux contraintes physiques du milieu (ressource) et, en conséquence, des répercussions possibles sur les demandes elles-mêmes : adaptation (par réduction) aux limitations de l'offre, due aussi bien aux difficultés technico-économiques d'exploitation qu'aux volontés de préservation.

Il s'agit en somme d'une prospective des interactions entre les eaux du milieu et les utilisations, suivant la problématique esquissée au chapitre 2.

1. Interactions quantitatives

La confrontation conceptuelle quantitative entre les occurences naturelles et les utilisations ne peut se réduire à une comparaison comptable et macroscopique sans appauvrir beaucoup la signification des résultats. Pourtant les démarches prospectives relatives aux demandes n'ont permis que des estimations globales par pays, sans prendre en compte les variabilités infra-annuelles. Les comparaisons ne seront donc possibles qu'à ces échelles,

d'homogénéité toute relative compte tenu des différences de taille des pays et de la variété des régimes pluriannuels des eaux.

Deux indicateurs globaux, couramment usités à ces fins, ont déjà été mentionnés et appliqués par pays pour caractériser les situations présentes : **l'indice d'exploitation et l'indice de consommation.**

La signification de l'indice d'exploitation et de sa croissance en prospective, comme indicateur de pression sur le milieu aussi bien que de répercussion sur les utilisations, a été analysée au chapitre 3. Indépendant de l'échelle, l'indice de consommation finale est davantage un révélateur de la ponction nette et absolue exercée sur la ressource. Sa croissance traduit directement la raréfaction des disponibilités en eau globales. S'il est supérieur à 1, cela indique nécessairement qu'une partie des demandes est satisfaite par recours à des ressources non renouvelables ou non conventionnelles, et dans quelle mesure ; des valeurs inférieures à 1 mais assez élevées (0,8, 0,9), dans un pays assez étendu et sans transfert intérieur notable, feraient présumer des situations similaires en quelques zones. De toute façon, cet indice est normalement d'autant plus élevé que les secteurs d'utilisation les plus consommateurs (irrigation) prennent une part plus grande : c'est le cas, dès à présent en Egypte, Libye, Espagne...

A ces deux indices on peut joindre un troisième indicateur : l'**indice d'exploitation des ressources régulières**, ratio entre les prélèvements totaux et la composante régulière naturelle des ressources renouvelables dont les grandeurs estimées figurent au chap. 2 (tab. 5). Lorsque cet indice approche et surtout dépasse l'unité, il révèle l'ampleur de l'effort nécessaire de maîtrise de la composante irrégulière de la ressource par les aménagements de régularisation. Cet indice, qui peut être facilement calculé, présente d'autant plus d'intérêt dans le bassin méditerranéen qu'une large fraction des demandes est elle-même irrégulière et que les pointes de demande saisonnières surviennent en grande partie pendant l'étiage des eaux superficielles (agriculture, tourisme).

Le tableau 29 présente les estimations des deux indices d'exploitation et de consommation finale pour les trois scénarios et les deux horizons, avec rappel de leurs états actuels pour faciliter les comparaisons. Ces résultats sont cohérents avec les évolutions des prélèvements et des consommations conjecturées précédemment ; mais ils différencient et classent autrement les pays.

Principales constatations

• Les écarts entre scénarios sont peu contrastés, comme l'étaient ceux des évolutions des prélèvements et des consommations – ce qui est normal –, à quelques exceptions près (Libye). De même, les croissances les plus fortes des indices d'exploitation correspondraient au scénario T3 en règle générale, et celles des indices de consommation aux scénarios A.

• Les indices d'exploitation atteignent déjà des valeurs élevées dans tous les pays du Sud, Israël et Libye surtout, ainsi qu'en Espagne (plus de 50 %), à Malte et à Chypre ; ils dépasseraient 100 % dès 2000, à Malte et en Egypte, et en 2025 en Tunisie avec T3. Ils approcheraient ou dépasseraient 500 % en Libye aux deux horizons. Leur croissance serait généralement plus forte d'ici

à l'an 2000 qu'ensuite entre 2000 et 2025. Seuls cas de décroissance entre 2000 et 2025 : France et Israël.

Tableau 29
Indices d'exploitation et de consommation globaux des ressources en eau naturelles** (%)*

Région	Indice	Etat actuel	2000			2025		
			T2	T3	A	T2	T3	A
Espagne	iex	64,3	65	74	68	72	81	80
	ic	39,2	48	51	50	52	56	60
France	iex	23,2	21	25	24	16	17	14
	ic	2,7	3	4	4	4	5	5
Italie	iex	24,8	26	29	24	25	31	28
	ic	8	9	12	13	10	15	18
Malte	iex	49	100	133	100	107	147	110
	ic	40	67	100	67	67	100	67
Yougoslavie	iex	1,9	1,9	2,9	2,5	2,1	3,5	2,5
	ic	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,7	0,6
Albanie	iex	5,9	5,2	6,4	5,6	6,6	7,4	6,2
	ic	2	0,7	1	0,8	1	1,2	0,9
Grèce	iex	11,9	13	15	15	15	18	18
	ic	6,5	7	7,5	9	9	10	12
Turquie	iex	10	14	15	16	16	21	23
	ic	5	6	8	9	8	11	14
Chypre	iex	42	71	100	71	79	97	73
	ic	28	46	68	57	51	74	63
Syrie	iex	47	50	57	52	57	70	55
	ic	26	25	32	36	34	38	39
Liban	iex	174	27	35	27	33	42	33
	ic	8	16	22	19	19	29	24
Israël	iex	106	146	154	131	138	146	123
	ic	90	85	97	92	81	100	85
Egypte***	iex	91	102	107	104	109	124	121
	ic	66	76	76	78	73	81	90
Libye	iex	157	529	543	429	571	614	457
	ic	~ 120	328	393	343	343	414	357
Tunisie	iex	64,5	79	97	89	91	116	97
	ic	42	42	58	61	58	74	74
Algérie	iex	15,6	24	37	32	31	59	60
	ic	8	10	17	18	15	28	30
Maroc	iex	29	41	47	45	55	62	70
	ic	15	22	26	29	32	39	53
Σ Nord	iex	19	21	24	21	21	24	22
	ic	7	9	10	11	10	12	14
Σ Sud-Est	iex	45	54	58	55	59	68	68
	ic	31	36	39	40	37	44	48
Ensemble	iex	25	29	33	30	30	35	34
	ic	13	16	17	18	17	20	23

* iex = indice d'exploitation, ic = indice de consommation finale.
** cf. tableau 5.
*** En Egypte, la ressource de référence prend en compte le Nil régularisé.

• Les indices d'exploitation des ressources régulières, sensiblement inférieurs aujourd'hui à 100 % seulement en quelques pays du Nord (France, Yougoslavie, Albanie) et de l'Est (Turquie, Syrie, Liban), croîtraient amplement, dépassant de beaucoup 100 % dans tous les pays du Sud, en Espagne et à Chypre.

• Les indices de consommation atteindraient des valeurs élevées au Nord en Espagne (plus de 50 % dès 2000, sauf avec T2) et à Malte, à l'Est à Chypre et en Israël (100 % avec T3) et au Sud en Egypte (plus de 75 %), en Tunisie (40 à 60 % en 2000, 60 à 75 % en 2025) et surtout en Libye (300 à 400 %), en demeurant relativement modérés en Algérie, en Syrie, au Liban, et pas ailleurs, au Nord comme à l'Est : donc une géographie des raréfactions de ressource très contrastée. Les croissances de ces indices se ralentiraient souvent un peu après 2000, mais moins nettement et moins généralement que les indices d'exploitation : croissance constante en Grèce et en Turquie, plus forte en France. Par nécessité, ces accroissements seraient plus modérés dans les pays déjà fort consommateurs (sauf le cas particulier de la Libye).

En raison des larges écarts entre pays, au Nord comme au Sud et à l'Est, les valeurs moyennes "régionales" (Nord, Sud et Est) n'ont qu'une signification restreinte et reflètent surtout la disparité des ressources entre les deux régions. Enfin, à l'échelle très globale du bassin entier, on notera que tous les prélèvements atteindraient le tiers des ressources moyennes et égaliseraient ou dépasseraient les ressources régulières dès 2000, tandis que près du cinquième des ressources moyennes serait consommé sans retour en 2025.

Les énormes disparités de situation entre les pays ainsi mises en évidence – la nécessité d'adopter une échelle logarithmique pour représenter leur évolution sur un même graphique en témoigne – sont le fait essentiel. A cet égard les classements des pays résultant de chaque indice sont assez cohérents ; peu de changements dans ces classements pourraient intervenir entre les horizons 2000 et 2025. Se détachent fortement du lot : la Libye d'une part, à indices exceptionnellement élevés, la Yougoslavie et l'Albanie de l'autre, à indices très bas, effet de l'extrême contraste entre les ressources en eau de ces pays.

Les plus fortes exploitations et consommations relatives seraient ensuite le fait du même peloton de pays de l'Est (Israël, Chypre) ou du Sud (Egypte, Tunisie, plus Malte), dont se rapproche l'Espagne, et que rejoindrait le Maroc en 2025. Les autres pays du Nord, de l'Est (Turquie) ou du Sud (Algérie) apparaissent nettement décalés en ordre de grandeur.

Conséquences sur le milieu et les ressources naturelles

Dans la plus grande partie du bassin, les eaux courantes superficielles et les eaux souterraines devraient subir une pression accrue. Sans parler des pays où les prélèvements primaires devraient dépasser 50 ou 100 % des ressources renouvelables théoriques dès 2000, et où les consommations finales dépasseraient 50 % de ces ressources dès cet horizon, il faut souligner qu'en 2025 le seuil significatif de 20 % du flux moyen prélevé serait dépassé presque partout (sauf en France, Yougoslavie et Albanie).

Cette pression résultera des deux sortes d'actions d'aménagement et d'exploitation classiques : dérivation des eaux régulières (en partie non restituées) et régularisation des eaux de crue par des réservoirs d'accumulation. La première serait surtout sensible dans les pays du Nord ou de l'Est où les eaux courantes permanentes sont encore relativement abondantes, tandis que la seconde interviendrait davantage dans les pays où les eaux superficielles irrégulières offrent les principales, voire les seules, disponibilités en eau encore maîtrisables (Espagne, Grèce, Chypre, Tunisie, Algérie et Maroc). Les conséquences seraient des réductions, parfois amples, des débits d'étiage non "réservés" des rivières, notamment en année sèche, ainsi qu'une artificialisation accrue des cours d'eau, qui menaceront les écosystèmes aquatiques par des effets induits sur les qualités des eaux courantes ou accumulées (eutrophisation) et une diminution des capacités d'assimilation des eaux usées retournées (auto-épuration).

Une exploitation intensive des eaux souterraines devrait se développer, avec risques de surexploitation, surtout en Espagne et au Maghreb, et avec des conséquences sur les sources et les cours d'eau pérennes (tarissements). Une exploitation croissante des "réserves" d'eau souterraine, ressources non renouvelables, sera opérée en rapprochant le terme où ces ressources seront épuisées. Cette exploitation "minière" des aquifères se situera en Libye, mais aussi en Tunisie, ainsi que dans le Désert occidental égyptien qui n'est cependant pas strictement dans le bassin méditerranéen.

Dans la plupart des pays ces pressions seraient très inégalement réparties suivant les bassins et les régions ; elles seront généralement focalisées dans quelques zones à forte concentration des demandes, tout particulièrement dans les aires littorales fortement urbanisées ou à fréquentation touristique intensive. Celles-ci tendront à "drainer" et accaparer les ressources en eau de zones de plus en plus étendues, donc à influencer le régime des eaux à des distances croissantes, sans retour puisque leurs effluents seront déversés en mer (exemples : au Nord, agglomérations de Barcelone, de Marseille, d'Athènes et conurbation de la Côte d'Azur française ; au Sud, agglomérations d'Alger, de Tunis, d'Alexandrie). Certains périmètres d'irrigation pourront exercer la même attraction. C'est dire que la prospective des impacts quantitatifs sur les eaux continentales du bassin nécessiterait des confrontations moins globales, au moins dans les pays les plus étendus.

Conséquences sur les demandes

Les rétroactions sur les demandes des pressions subies par le milieu seront naturellement très diverses suivant les pays et, dans une moindre mesure, suivant les scénarios.

Dans les pays où la pression sur les ressources resterait moyenne – pays du Nord (sauf Espagne et Malte) et Turquie –, ce sont surtout les objectifs de conservation quantitative des eaux naturelles ("débits réservés") qui pourraient influencer les demandes, moins pour restreindre leur volume global que pour les inciter à redéployer leurs applications en vue d'atténuer leurs impacts. Les scénarios A rendraient alors ces adaptations plus accusées.

La raréfaction absolue des disponibilités en eau accessibles aurait par contre des effets notables sur les demandes dans la plupart des pays du Sud et de l'Est, ainsi qu'en Espagne et à Malte, sans beaucoup de différence suivant les scénarios :

– révision en hausse des coûts maximaux supportables de mobilisation, de traitement primaire et de transport de l'eau, et par conséquent des coûts unitaires à la charge des usagers (donc des prix des eaux marchandes), avec plus ou moins d'effet réducteur sur les demandes d'approvisionnement unitaires ;

– économies d'eau sensibles (transports et usages), notamment réduction des demandes par habitant (population) et par hectare (irrigation), surtout en Egypte et en Libye, Israël ayant déjà pris les devants... ;

– appel à des ressources non conventionnelles : réutilisation d'eau usée et d'eau de drainage (Chypre, Israël, Egypte, Tunisie, Algérie), dessalement (Israël, Libye, Malte, Algérie, Tunisie) ;

– importation d'eau de l'extérieur du bassin (Espagne, Israël, Libye) ;

– "délocalisation" et migration de certaines activités pour s'adapter mieux aux nouvelles structures de l'offre d'approvisionnement.

Une autre conséquence sera la vulnérabilité accrue aux sécheresses de tous les secteurs économiques utilisateurs d'eau, à mesure que la marge entre les demandes (annuelle et saisonnière) et les flux moyens de ressource de chaque système naturel s'amenuisera, malgré les progrès de régularisation (en partie neutralisés par l'envasement des réservoirs...). Par rapport à ces demandes grandissantes, la ressource restant ce qu'elle est, les risques de défaillance de l'offre naturelle seront accrus. Aussi la sécurité des approvisionnements sera-t-elle fragilisée : les demandes devront s'adapter à des pénuries conjoncturelles risquant de s'aggraver en ampleur et en fréquence. Cela vaudra aussi bien dans les pays du Nord que du Sud et de l'Est. En particulier dans les pays développés, les utilisateurs ne seront pas à l'abri de pénuries conjoncturelles si les aménagements y sont trop étroitement ajustés aux demandes en année "normale" pour maximiser leur rentabilité à court terme.

2. Interactions qualitatives

La prospective des états de la qualité des eaux du milieu naturel exigerait :

(1) que des "macro-indicateurs" significatifs et homogènes de l'état de la qualité des eaux du milieu soient conçus et appliqués, à l'échelle nationale ou régionale ;

(2) que ces indicateurs soient reliables respectivement :

– à des variables explicatives, également macroscopiques, qui décrivent des facteurs directs (grandeurs de flux de matières émis) ou indirects (population, activité économique), y compris des indicateurs du niveau d'effort consenti pour préserver et protéger l'environnement ;

– aux dommages qui sont entraînés par plus ou moins de "pollutions" (conséquences négatives sur l'approvisionnement en eau ou sur la santé du milieu).

Or rien de tel n'existe, ni en Méditerranée, ni ailleurs. Un état "initial" des pressions sur les qualités des eaux n'a été dressé que très incomplètement

(chapitre 2), sans pouvoir être relié aux états présents des qualités des eaux à une échelle pertinente. Aucun ratio analogue aux indices globaux d'exploitation et de consommation en volume ne peut être ici calculé pour comparer les sollicitations aux "ressources en qualités" : qualité des biotopes aquatiques, aussi bien que qualités des eaux offertes aux prélèvements (aptitude à la potabilisation, etc.) et capacité d'assimilation et de régénération.

On peut certes présumer que les états en qualités des eaux du milieu pourraient évoluer "statistiquement" dans un sens négatif, en fonction des émissions finales de matières qui les atteignent, et dans un sens positif, en fonction des efforts de "dépollution", sans pourtant pouvoir établir aucun lien de proportionnalité entre causes et effets. Il ne faut donc pas confondre la prospective des unes avec celle des autres...

Conséquences sur le milieu

La prospective des états futurs se limitera donc à conjecturer les écarts entre les incidences des scénarios sur les évolutions relatives à partir des états actuels moyens : notamment entre les conséquences des scénarios tendanciels et les degrés d'efficacité des scénarios alternatifs plus volontaristes.

En cohérence avec les hypothèses admises pour estimer les principales émissions suivant les sources et les scénarios (tab. 28), on peut estimer que

– l'état des eaux sujettes aux émissions localisées (collectivités, industries), notamment les cours d'eau en aval d'aires urbaines et industrielles, pourrait s'aggraver à l'horizon 2000, et davantage en 2025, avec les scénarios tendanciels, avec T2 plus qu'avec T3. La faible croissance (T2) devrait ralentir plus encore les efforts d'assainissement que les productions émettrices, tandis que l'écart entre celles-ci et ceux-là pourrait être moindre avec T3. Une extension des cours et plans d'eau de qualité dégradée et une multiplication des "points noirs" – y compris des séquelles de pollutions accidentelles – sont donc prévisibles. Inversement, par rapport à l'état actuel, l'état de ces eaux pourrait s'améliorer dès 2000 avec les scénarios A, le progrès se poursuivant en 2025 ;

– par contre, l'état des eaux sujettes aux pollutions diffuses, principalement d'origine agricole, tout particulièrement les eaux souterraines des zones à production agricole intensive (y compris élevage) mais aussi les eaux superficielles qui en sont issues, pourrait s'aggraver quel que soit le scénario (le moins pessimiste étant T3, les pires étant A en 2000 et T2 en 2025...). Les situations empireraient sensiblement entre 2000 et 2025. On note que dans ce cas, les scénarios alternatifs ne seraient pas plus performants que les tendanciels, parfois même au contraire.

Ces déductions qualitatives doivent toutefois être nuancées. Les qualités futures possibles des eaux dans le milieu ne résulteront pas seulement des rapports entre les volumes d'eau moyens récepteurs et les flux de matière annuels évolutifs. Les effets cumulatifs sont à prendre en compte, surtout pour les masses d'eau volumineuses (grands lacs et nappes souterraines), mais aussi et en conséquence, pour les cours d'eau entretenus par ces stocks. Même en cas de croissance faible ou nulle, voire de décroissance des émissions, les qualités des eaux de nombreux réservoirs pourraient se dégrader encore assez

assez longtemps avant de se stabiliser, puis de s'améliorer. Les fortes "inerties hydrochimiques" de ces masses d'eau renouvelées lentement peuvent atténuer momentanément et étaler des impacts locaux, mais accumulent leurs conséquences globales et retardent les effets bénéfiques des politiques de protection et de dépollution plus actives. La réduction des pollutions "cumulatives" à long terme exige des actions persistantes tout aussi durables.

Conséquences sur les demandes

Au plan de la qualité, les "demandes" sont d'abord les sollicitations du milieu par les émissions finales d'eau restituée, en fin des filières rejets – assainissement – épuration.

Les dégradations de qualités des eaux dans le milieu ont une double conséquence : elles rendent nécessaires des efforts (donc des coûts) plus importants de traitement préalable (potabilisation notamment) des eaux brutes prélevées, voire des déplacements de source d'approvisionnement, et elles appauvrissent les capacités d'épuration des eaux réceptrices d'effluents.

Ces dégradations devraient motiver des efforts d'assainissement et d'épuration et une gestion plus soigneuse des rejets solides (décharges...), venant ainsi renforcer l'ambition, inégalement développée, de préserver les milieux aquatiques en tant que tels. Ainsi les deux demandes adressées aux eaux continentales du milieu naturel – leur prendre de l'eau de qualité utilisable, leur faire assimiler et régénérer les eaux usées retournées – ne peuvent être disjointes, du fait de la complexité des jonctions entre les structures d'utilisation et les systèmes hydrologiques, et les nombreuses "boucles" entre prélèvements et retours. En théorie, mais en théorie seulement, on peut opposer une politique de sacrifice entier du milieu, portant tout l'effort de traitement sur les seules eaux prélevées (scénarios T poussés à l'extrême), à une politique de sauvegarde complète des qualités naturelles des eaux du milieu, portant tout l'effort de traitement sur les effluents. La complexité des structures et des interactions et les impératifs généraux de protection de l'environnement, interdisent cependant ces politiques du "tout ou rien", en contraignant à des compromis entre les adaptations des demandes en amont et en aval des usages.

Il demeure néanmoins vraisemblable que les qualités des eaux du milieu risquent d'être davantage sacrifiées, et plus d'efforts consacrés aux productions d'eau dans les scénarios T2 et T3 ; alors qu'au contraire, avec les scénarios A et moyennant sans doute des coûts globalement plus élevés, les objectifs plus ambitieux de préservation ou de restauration des qualités des eaux naturelles devraient généraliser et rendre plus efficaces les réductions d'émissions et les épurations, ce qui pourrait minimiser les traitements avant usage, sans toutefois les annuler.

Que conclure ?

Au plan géographique d'abord. Les "parts de bassin", correspondant à chaque pays riverain de la Méditerranée, se groupent visiblement en deux ensembles assez contrastés, suivant l'ordre de grandeur des pressions exercées par les utilisations sur les eaux du milieu aux horizons prospectés, et suivant l'acuité des problèmes qui en découlent, tant pour préserver l'environnement

que pour satisfaire les besoins en eau :

– Au "Nord", dans un ensemble allant de la France au Liban, les pressions quantitatives resteraient faibles à modérées et peu croissantes, concentrées dans des champs assez localisés ; les marges de disponibilité en eau resteraient amples ; des pénuries conjoncturelles résulteraient plus de retards d'équipement que de défaillances de la nature. Les pressions sur les qualités seraient plus extensives, en sus d'impacts locaux plus nombreux et plus accusés avec les scénarios tendanciels.

Une ressource limitée et limitante : le cas de Malte

L'archipel maltais est situé au centre de la mer Méditerranée, à 93 km de l'Italie et 290 km de l'Afrique du Nord. Trois des cinq îles de l'archipel sont habitées : Malte, Gozo et Comino. L'île principale, Malte, a une superficie de 246 km^2. La population est, hors saison touristique, de 325 000 habitants, soit plus de 1 300 habitants au km^2, densité la plus élevée du monde méditerranéen, face aux ressources naturelles en eau les plus faibles (à peine 50 m^3/hab/an).

L'île est schématiquement constituée d'une dalle de calcaire poreux, fissuré et karstifié, donc ayant une faible capacité de rétention de l'eau. Des 550 mm de pluie annuels (en moyenne), 3 % seulement s'écoulent en surface ; la partie non évaporée qui reste s'infiltre dans le calcaire, alimentant une nappe souterraine qui s'écoule vers la mer, soit de façon diffuse, soit par des sources liées au niveau karstique. Le niveau maximal de la surface piézométrique de cet aquifère généralisé est de + 4 m seulement. Cette situation crée des problèmes particuliers, car des prélèvements par pompage trop importants provoquent des intrusions d'eau salée. Les besoins de l'agriculture rendent la situation critique, notamment en été, lorsque la saison sèche (mai à octobre) correspond à la saison touristique. Par ailleurs, les rejets domestiques et agricoles sont susceptibles d'introduire des éléments polluants dans la nappe.

Depuis plus de 20 ans les ressources naturelles sont exploitées au maximum et frôlent la surexploitation, traduite aussitôt par un mélange avec l'eau de mer. Pour pallier au déficit en eau douce, les maltais ont d'abord cherché à réduire l'écoulement superficiel : des barrages favorisent l'infiltration qui alimente la nappe. Ensuite, chaque habitation a dû obligatoirement être équipée d'une citerne sur le toit. La réutilisation des eaux usées s'est développée. Mais ces mesures ne suffisent plus depuis plusieurs années : la salinité de la nappe souterraine est passée, de moins de 0,5 g/l dans les années 1940, à 1 à 1,25 mg/l aujourd'hui.

Pour faire face à la croissance des demandes (alimentation urbaine essentiellement), l'île a fait appel, dès la fin des années 1960 aux techniques de dessalement de l'eau de mer, d'abord par distillation, puis principalement par osmose inverse. La production d'eau déminéralisée atteignait en 1986 10,5 millions de m^3/an, soit 33 % de la production totale de l'île. Elle atteint aujourd'hui 23 millions de m^3/an, soit plus de 50 % des 41 millions de m^3/an que consomme l'île (à raison de 360 l/hab/jour, pour tous usages). Les mesures d'économie d'eau qui sont envisagées (réduction des pertes de distribution) ne seront sans doute pas suffisantes pour empêcher la part de cette ressource non conventionnelle dans l'approvisionnement en eau douce de l'île d'atteindre les 2/3 des consommations après l'an 2000.

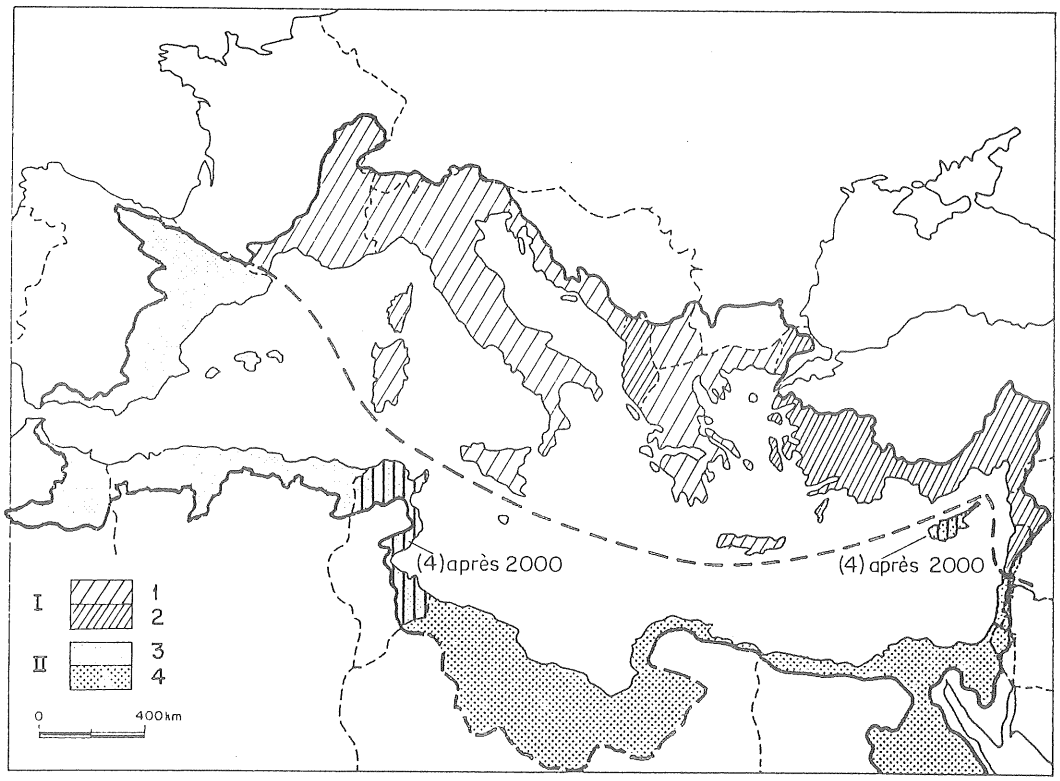
Il est à souligner que la dépendance de l'île vis-à-vis de l'eau déminéralisée s'accroît dans un contexte de coût très élevé : la moitié de l'eau produite à Malte est de l'eau de dessalement dont le coût actuel est environ 15 fois plus élevé que le coût moyen de l'eau distribuée en France !

Source : d'après BRGM.

– Au "Sud", dans un ensemble comprenant, outre tout le versant africain, l'Espagne, Israël, Chypre et Malte, les pressions quantitatives seraient plus généralisées et intensives, les milieux naturels à conserver (y compris au plan des qualités) se feraient rares (ce qui réduirait les étendues soumises aux impacts qualitatifs tout en aggravant les conséquences des pollutions), les pénuries d'eau deviendraient chroniques (sans préjudice de leur aggravation en temps de sécheresse), les adaptations des demandes prendraient le pas sur le parachèvement de la maîtrise des ressources, tandis que les disponibilités se raréfieraient.

Une telle partition "hydrogéoécologique" du bassin (fig. 17) différerait ainsi un peu de la classique dichotomie entre Nord d'une part et Sud et Est d'autre part, calquée sur les disparités démographiques et économiques.

Figure 17
Subdivisions "hydrogéoécologiques" du bassin méditerranéen



Légende :
I = Groupe du "Nord". Pressions quantitatives faibles à modérées sur les eaux continentales, stables (1) ou croissantes (2). Pressions plus fortes, localisées ou extensives, sur les qualités. Pas de pénurie d'eau avant 2025, mais crises locales ou conjoncturelles possibles. Priorité aux problèmes de sécurité (approvisionnement, défense contre les eaux) et à la protection des eaux (ressource et élément de l'environnement).
II = Groupe du "Sud". Pressions quantitatives fortes sur les eaux continentales, croissantes dès à présent (3) ou bientôt plafonnées (4) avec intensification d'exploitation des ressources épuisables. Pressions sur les qualités, plus localisées et concentrées. Pénurie d'eau chronique et vulnérabilité croissante aux sécheresses. Priorité aux économies d'eau, aux importations et au recours aux ressources non conventionnelles (4) ; préservation des eaux du milieu peu prioritaire – ou seulement pour conserver la reproduction de ressources exploitées (3) – ou pratiquement sans objet (4).

En affinant et en se plaçant plus particulièrement du point de vue des demandes, on pourrait distinguer quatre sous-ensembles, comme l'analyse préliminaire (chapitre 3.6) l'avait déjà pressenti :

– **Dans le groupe du "Nord"** :

(1) des pays à faible croissance démographique et à demandes à peu près stationnaires, où les aménagements des eaux à finalité sécuritaire et les efforts de protection ou de restauration des qualités des eaux du milieu compteront plus que les opérations nouvelles d'exploitation (France, Italie, Yougoslavie, Grèce) ;

(2) des pays à plus forte croissance de population où un développement des aménagements et équipements de mobilisation des eaux seront nécessaires et possibles (Albanie, Turquie, Liban, Syrie).

– **Dans le groupe du "Sud"** :

(3) des pays où les demandes en eau pourront être satisfaites pour l'essentiel jusqu'en 2025, en intensifiant les aménagements et en "saturant" les disponibilités encore existantes jusqu'à "épuisement", donc en laissant les objectifs de conservation plus ou moins (suivant les scénarios) au second plan (Espagne, Chypre, pays du Maghreb) ;

(4) des pays où les disponibilités "exploitables" sont dès à présent, ou seront dès 2000, si raréfiées que les demandes devront à la fois se plier à la limitation des ressources conventionnelles et s'adresser dans une mesure grandissante à des sources d'eau non conventionnelles, tout en devant se réduire sensiblement *per capita* (Egypte, Israël, Libye, Malte, Tunisie).

Quant aux variantes d'avenir possibles, entre les différents scénarios, les écarts de situation supputés paraissent assez secondaires, voire peu significatifs, au regard des contrastes accusés entre pays. Autrement dit, pour ce qui concerne l'eau, on ne peut opposer des scénarios-catastrophes à des scénarios idylliques, les avenirs possibles et plausibles se plaçant selon toute vraisemblance entre ces deux extrêmes, bornes de référence plutôt que termes d'une alternative, sans grande marge de manœuvre. Il n'est pas pour autant indifférent de s'orienter vers le meilleur des cas...

Chapitre

VI.

Prospective des ressources et progrès techniques

Face aux "besoins" et demandes dont on a exploré les évolutions possibles, la ressource en eau "naturelle" sollicitée, fortement liée aux flux du cycle de l'eau, a été considérée comme stable à long terme en moyenne. Aussi pour supputer l'évolution de l'état des eaux du milieu à mesure du développement, seules les pressions résultant des activités humaines – les demandes – ont été considérées comme variables, alors que les ressources (flux moyens) sont restées fixes, notamment pour calculer les divers macro-indicateurs globaux : indice d'exploitation, etc. (chapitre 5). Pourtant la relativité de l'état des connaissances et la relativité des critères d'exploitabilité et/ou de préservabilité, entraînent des possibilités d'évolution qu'un regard prospectif peut explorer, quels que soient les plafonnements absolus imposés par des limitations physiques aux flux et aux stocks de ressources en eau "naturelles" conventionnelles.

Par ailleurs, en s'intensifiant, les utilisations peuvent transformer certains éléments du milieu naturel par rapport à son état originel. Sans changer le flux généraux du cycle de l'eau qui assurent le renouvellement de ressources, ces transformations peuvent modifier certaines structures q conditionnent la maîtrise des eaux, en partie de manière irréversible. C rétroactions des utilisations sur les ressources peuvent aussi faire l'objet prospective.

Il convient également de s'interroger sur les éventualités d'évolution milieu naturel, indépendamment ou non de toute action humaine, pourraient modifier certains facteurs de l'occurence et du régime des (climat, sol et végétation) à l'échelle mi-séculaire de l'exercice de prospe

Enfin, dans le domaine de l'eau comme ailleurs, les progrès de la te logie sont susceptibles de modifier la disponibilité et les conditions d'

er une partie des eaux du milieu, notamment des cours d'eau en étiage débits réservés), comme élément de l'environnement.

L'équilibre entre les évolutions inverses de ces deux sortes de critères l'exploitabilité, entre la croissance des nécessités et des pouvoirs technico-économiques d'exploiter et celle des volontés de préserver, est bien la question centrale de prospective des rapports entre environnement et développement. Il a été admis par principe que cet équilibre, ce compromis, serait réalisé différemment suivant les scénarios : l'environnement serait plus sacrifié au développement dans les scénarios tendanciels et moins dans les scénarios alternatifs ; toutefois la marge qui les sépare est étroite.

Un exemple de gestion autarcique de l'eau en région côtière en France

Le département français des Alpes-Maritimes est tributaire de ses propres bassins versants pour assurer l'alimentation en eau d'une population concentrée à 90 % sur 10 % de l'espace départemental (sur une frange côtière de 5 à 20 km). Cet exemple fait ressortir l'intérêt d'une réflexion à long terme pour orienter en temps utile les décisions de mobilisation de ressources supplémentaires en eau, nécessitées ici par un accroissement de la population de l'ordre de 1 % par an (de 1 million en 1990 à 1,4 million en 2025).

• Par sa géographie, le département des Alpes-Maritimes produit l'eau qu'il consomme sans dépendre de ressources ou contraintes extérieures. Il constitue une entité hydrologique autonome, avec une très forte solidarité physique entre l'amont et l'aval. En effet, une goutte d'eau tombée au sommet du Mont Gélas à 3 143 m d'altitude, peut se retrouver à Nice, à 100 km au sud et en aval, dans les 48 heures. Avant d'être captée par le canal de la Vésubie et rendue potable par l'usine de Nice, puis vendue pour le modeste prix de 5 centimes le litre, la goutte d'eau a pu éroder, raviner, inonder, transporter et produire de l'énergie.

Cette image se répète pour les bassins versants de la Roya, du Var, du Loup et de la Siagne, sachant que de tout temps, mais surtout au XIXe siècle, des canaux furent aménagés pour acheminer gravitairement l'eau vers les lieux d'utilisation, agricole ou domestique, du littoral.

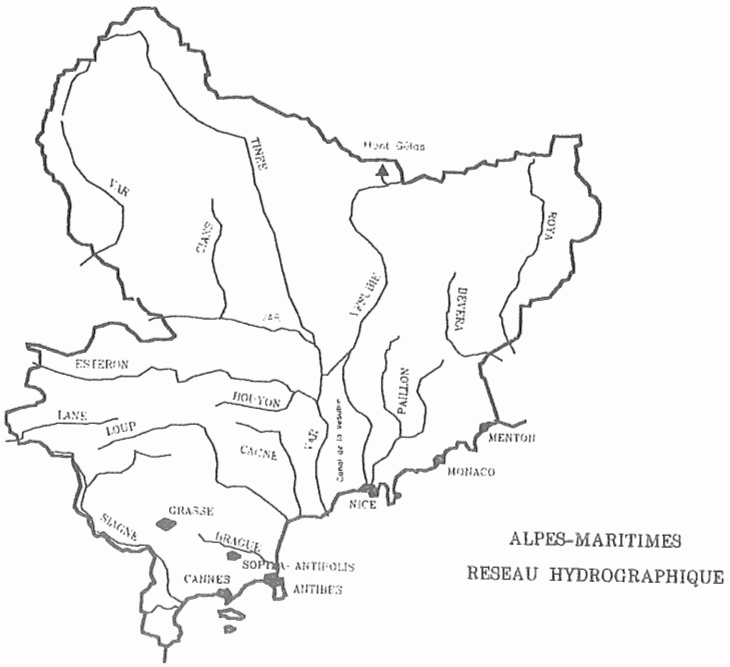
Le département a ainsi la chance de disposer d'une ressource eau en quantité suffisante et de bonne qualité. En contrepartie, il connaît aussi les inconvénients d'un régime de pluies de caractère méditerranéen, sur une montagne accidentée, avec une urbanisation de piémont : il s'agit d'assurer la protection des sols, l'aménagement des rivières et la protection des lieux habités contre les crues, sans parler de la régulation des débits et de la lutte contre la pollution pour ménager tous les usages en présence.

Citadins, agriculteurs, industriels, pêcheurs, sportifs, touristes, attendent tous une gestion conforme à leurs intérêts. Il n'est pas toujours aisé de satisfaire simultanément tous les usages, surtout dans un espace départemental à forte population. Mais la juxtaposition de l'importante zone de montagne où se régénère l'eau et du littoral grand consommateur d'eau, facilite les arbitrages. La connaissance de la ressource et des moyens de sa mobilisation sont donc les éléments essentiels de décision face au développement de l'habitat et des activités.

• L'évaluation simpliste des ressources globales en eau obtenue en multipliant la surface départementale par les précipitations annuelles moyennes (1 000 m) laisse entrevoir un volume annuel de 4,3 milliards de m^3, soit 7 fois le volume des besoins du département en 2025. Mais le cycle de l'eau, en climat méditerranéen et en montagne, se traduit par des pertes importantes, que l'on ne peut réduire qu'en partie par le reboisement et le stockage. Il est donc dangereux de se rassurer par cette marge en volume. Il est préférable d'évaluer la ressource à partir du réseau hydrographique ainsi que des nappes phréatiques et des écoulements et stockages du karst. En l'état actuel des connaissances, se limi-

tant principalement aux eaux de surface, les débits moyens des cours d'eau des Alpes-Maritimes totalisent près de 70 m^3/s, soit 2,2 milliards de m^3 par an. La moitié des eaux tombées sur le département s'écoule donc en surface vers la mer, dont près de 0,4 milliard de m^3 sont consommés, en 1990, par les communes (90 %) et l'agriculture (10 %). L'indice d'exploitation de la ressource en eau est ainsi de l'ordre de 15 %.

Toutefois, les débits d'étiage de ces cours d'eau sont beaucoup plus faibles et, à l'exception du Var, pratiquement gagés par la consommation actuelle. En outre, les Alpes-Maritimes sont très influencées par les pointes de consommation, liées à la fréquentation estivale et à l'arrosage des jardins ; or, c'est la pointe de consommation, et non le débit moyen annuel, qui conditionne le dimensionnement des ouvrages.



• Pour la zone littorale, les prélèvements de pointe sont actuellement de 1 million de m^3/jour, soit 10,8 m^3/s, auxquels s'ajoutent des prélèvements agricoles (forages en nappe de la Siagne et du Var, canaux d'irrigation) de 1,5 m^3/s environ, soit un total de 12,3 m^3/s.

A l'horizon 2025 les prélèvements de pointe devraient être de 18,3 m^3/s (1,6 million de m^3/jour) **nécessitant de dégager une ressource nouvelle de 6 m^3/s ou près de 520 000 m^3/jour** pour assurer les seuls besoins d'alimentation en eau potable de la zone littorale, étant supposé que les prélèvements agricoles n'augmenteront pas.

Les ressources du Var, dont le débit d'étiage est estimé entre 10 et 12 m^3/s compte tenu des prélèvements actuels, sont *a priori* suffisantes pour garantir les croissances de consommation à l'échéance 2025, soit par pompage en nappe alluviale, soit par prélèvement au fil de l'eau, sachant que le débit réservé minimal à maintenir dans le fleuve en application de la réglementation française est de 4 m^3/s environ.

Dès lors, l'indice d'exploitation atteindrait environ 25 % dans l'hypothèse d'une situation climatologique et de pointes de fréquentation analogues à celles d'aujourd'hui.

• Cette approche globale permet d'envisager pour ce département une disponibilité en eau potable à la hauteur de ses besoins et de ses objectifs de développement, à condition de réaliser les équipements de mobilisation de la ressource en temps utile et de garantir la qualité de l'eau en amont des prélèvements.

2. Prospective des ressources rapportées aux populations

En se référant aux seules ressources naturelles estimées à présent (tab. 5), le ratio "ressource *per capita*", ou son inverse la "densité de population par unité de ressource" vont inévitablement évoluer en fonction des projections démographiques. Le tableau 30 réunit les ratios calculés pour l'horizon 2025 suivant l'hypothèse de croissance démographique médiane.

Tableau 30
Ressources en eau par habitant et densité de population par unité de ressource

Pays (dans le bassin méditerranéen)	Ressources en eau naturelles (renouvelables) per capita* (m3/an)		Population par unité de ressource hab./hm³/an	
	Etat actuel (1990)	A l'horizon 2025	Etat actuel (1990)	A l'horizon 2025
Espagne	1 909	1 515	524	660
France	5 827	5 400	172	185
Italie	3 262	3 200	307	315
Malte**	200	152	5 000	6 850
Yougoslavie	28 700	24 200	35	41
Albanie	15 385	3 500	65	286
Grèce	5 836	5 430	171	185
Turquie	5 000	2 210	200	450
Chypre	1 286	1 000	778	1 000
Syrie	2 963	625	337	1 600
Liban	1 380	860	725	1 170
Israël (Σ)	371	230	2 695	4 285
Egypte (Σ)	1 078	640	928	1 563
Libye	230	65	4 348	~ 16 000
Tunisie	490	240	2 041	4 200
Algérie	545	265	1 835	3 760
Maroc	1 460	545	685	1 840

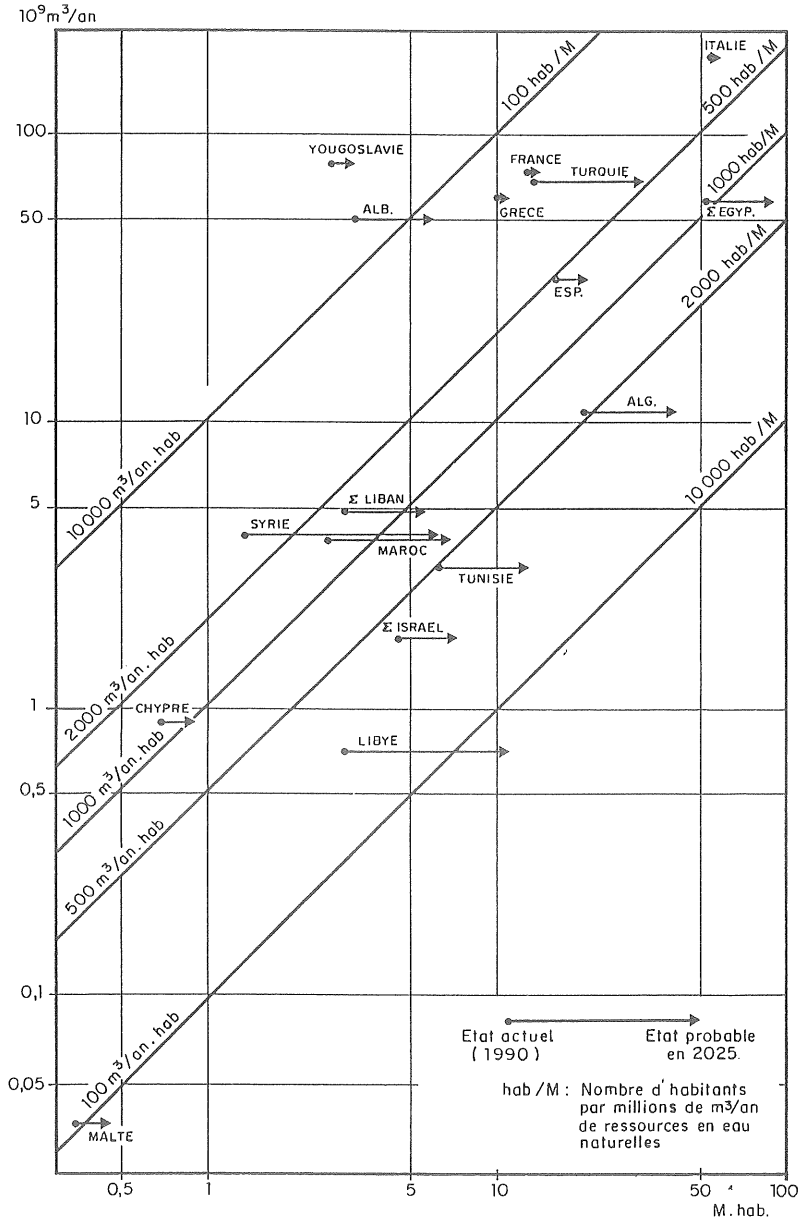
* d'après les estimations démographiques du Plan Bleu, notamment pour les pays partagés, et les projections médianes des Nations Unies pour 2025.
** dans l'hypothèse où la totalité des ressources naturelles serait exploitable sans risque de rupture d'équilibre entre eau douce et eau salée.

Divers auteurs ont donné à ces ratios la signification d'index global d'acuité des problèmes d'eau et de tension subie par les eaux du milieu dans un pays : 500 habitants par hm³/an (200 m³/an. hab.) serait un seuil au-delà duquel les situations critiques se développeraient, tandis qu'au-dessus de 1 000 habitants par hm³/an (moins de 1000 m³/an. hab.) on se trouverait en état de pénurie absolue. Or, plusieurs pays du Sud se trouvent dans cette dernière classe dès à présent (Malte, Libye, Israël, Tunisie et Algérie) ; Chypre, le Liban, la Syrie, l'Egypte et le Maroc les rejoindraient en 2025.

Inspirée par l'expression graphique de M. Falkenmark (1986), la figure 18 fait ressortir les changements de situation prévisibles entre aujourd'hui et 2025 suivant les pays. Ainsi la prospective des ressources "unitaires" est en elle-même une approche globale des tensions probables que les demandes, dont la population est le principal facteur, feront subir aux eaux du milieu.

Figure 18

Prospective des ressources en eau relativisées aux populations probables, dans les pays méditerranéens** (en 2025)*



Légende : en ordonnée, flux moyens de ressource en eau naturelle renouvelable en km³/an (échelle logarithmique) ; en abscisse, populations en milliers d'habitants (échelle logarithmique)

Note : les lignes d'égale ressource en eau per capita et d'égale densité de population par unité de ressource délimitent des "zones" à acuité croissante des problèmes d'eau et à pression croissante des demandes sur les ressources.

* d'après les projections démographiques médianes du Plan Bleu.

** pour seulement les parties comprises dans le bassin.

3. Rétroactions des utilisations sur les ressources

Si la reproduction naturelle de la ressource renouvelable est en principe indépendante de la manière dont on l'exploite (y compris pour l'autoépuration), il n'en est pas de même de certaines des conditions de sa mobilisation, offertes par des situations du milieu que l'aménagement des eaux ou leur exploitation transforme et peut faire disparaître sans retour. Les deux cas les plus notables et dont les effets sont sensibles à l'échelle des prochaines décennies, sont l'usure des sites de barrages avec l'envasement des retenues et l'épuisement des réserves d'aquifères, en particulier d'aquifères profonds à nappe captive (ressource non renouvelable).

3.1. Consommation des sites de retenue

L'envasement des retenues est particulièrement actif dans les pays méditerranéens où les pertes de capacité des réservoirs atteignent couramment 0,5 à 1 % par an, souvent plus : 2 à 3 % /an en Algérie (M. Cote, 1983) ; 2 % dans le bassin méditerranéen du Maroc (10 % des capacités installées au Maroc de 1935 à 1985 ont aujourd'hui disparu par comblement (A. Lahlou, 1987)) ; 1,1 % /an en Tunisie pour les six réservoirs principaux aménagés de 1954 à 1968, dont 30,8 % sont comblés actuellement (J.J. Perennes, 1987). En écourtant la durée de la fonction régulatrice potentielle des réservoirs, malgré les volumineuses gardes ou "réserves mortes" prévues, l'envasement annihilera donc à plus ou moins long terme – en quelques décennies, en tout cas en moins d'un siècle – l'efficacité de ces aménagements, et il la dégradera déjà sensiblement à moyen terme.

Or le "gisement" de sites de barrages-réservoirs adaptés aux flux d'eau à régulariser (y compris par le jeu de transferts entre bassins), n'est pas illimité. Les meilleurs sites ont déjà été équipés au cours des dernières décennies et le reste sera vraisemblablement épuisé avant la fin du XXIe siècle, malgré les coûts croissants du m^3 régularisé, dans la plupart des pays méditerranéens où une maîtrise des eaux à écoulement irrégulier est nécessaire. Il est malheureusement improbable que les actions de prévention, dont l'efficacité locale est éprouvée (reboisement, protection des sols et pièges à sédiments dans les bassins dominant les barrages), soient mises en œuvre assez rapidement et surtout à une échelle assez large pour retarder beaucoup le comblement fatal des retenues, encore moins pour le stopper.

La régression de la part des ressources en eau irrégulières maîtrisables par les aménagements classiques posera ainsi un problème majeur, surtout aux pays du Sud, dès 2025 et plus encore au-delà.

3.2. Epuisement des ressources non renouvelables

Conséquence normale de l'exploitation intensive de grands aquifères captifs profonds très peu renouvelés actuellement ou même fossiles, cet épuisement procède moins d'un tarissement des stocks d'eau de ces réservoirs que de leur décompression et des baisses de niveau qui atteignent tôt ou tard des seuils d'inexploitabilité par pompage (même si leurs critères sont eux-mêmes

variables...). Plus graves, parce qu'encore moins réversibles, sont les effets de ces dépressions sur les qualités de l'eau (déplacement parfois induit de masses d'eau saumâtres...). Le terme de l'utilisation de ces ressources est en fait moins à prévoir qu'à choisir par un réglage approprié des programmes d'exploitation : il s'agit là encore de prospective de demande plutôt que de ressource...

Ces épuisements n'intéressent le bassin méditerranéen que marginalement : les principaux cas se situent dans les bassins sédimentaires sahariens des pays du Sud, de l'Algérie à l'Egypte. Néanmoins ils concernent plus directement le bassin lorsque les exploitations "minières" d'eau souterraine sont à l'origine une importation, comme c'est le cas en Libye (transfert, en cours, de 2 milliards de m^3/an, extraits des aquifères d'eau fossile du Sahara et amenés sur le littoral).

Dans le cadre méditerranéen, des surexploitations non délibérées d'aquifères libres ou semi-captifs sont déjà survenues en quelques pays (en Espagne par exemple). Outre le cas particulier de nappes littorales où des invasions d'eau de mer ont été provoquées, les situations ainsi créées risquent d'avoir un effet durable sur les ressources renouvelables elles-mêmes, tant que les réserves ne sont pas reconstituées : tarissement de sources, perte d'accessibilité.

3.3. *Incidences sur les ressources "importées"*

Les flux de ressources naturelles renouvelables estimées par pays incluent, dans certains cas, des affluences de cours d'eau transfrontières, ou parfois de nappes souterraines de l'extérieur du bassin (exemple dans le Sud de la Tunisie). Les débits réels sortants des pays "exportateurs" seront bien évidemment influencés par la croissance des consommations d'eau finales dans les bassins correspondants, y compris dans des pays non riverains (Bulgarie, Jordanie-Palestine, Ethiopie...), notamment si des irrigations s'y développent. Aussi une partie des ressources des pays tributaires risque de diminuer à l'avenir. Les pays les plus sensibles seraient ceux où ces "importations" forment une part appréciable des ressources totales (dans le bassin méditerranéen) : Grèce (23 %), Syrie (15 %), Tunisie (14 %), sans parler d'Israël (où les importations d'eau augmentent de 30 % la ressource interne dans le bassin méditerranéen), ni de l'Egypte (près de 99 %, en se basant sur la part attribuée du Nil régularisé). Aux horizons 2000 et surtout 2025, il serait prudent, dans ces pays, de ne plus compter sur la totalité de ces affluences actuelles et de prendre en compte leurs réductions possibles.

Le cas de l'Egypte est particulier puisque le partage des eaux régularisées du Nil est régi par un accord entre Etats (Traité égypto-soudanais de 1959) qui garantit le maintien de la ressource potentielle pour l'Egypte. Par contre, les possibilités d'accroissement de cette ressource par des aménagements nouveaux dans le haut bassin (réduction des pertes par évaporation dans les marais, avec le projet du canal de Jongleï au Soudan notamment) sont davantage soumises aux besoins et aux choix des pays amont, qui peuvent varier selon les scénarios. On a pris comme hypothèse, que ces ressources nouvelles

pour l'Egypte, présumées toutes affectées au secteur agricole, pourraient être acquises seulement avec les scénarios A (et à l'horizon 2025 : + 9 km^3/an), partiellement avec le scénario T3 (+ 2 km^3/an en 2025), mais non avec T2.

4. Changements du cycle de l'eau

4.1. Changement du climat et conséquences

Les bases hydrologiques de l'estimation et de la gestion des ressources en eau ont été fondées jusqu'à présent sur le postulat d'un climat stationnaire.

L'éventualité de changement du climat, notamment des variables climatiques qui conditionnent le cycle de l'eau, (températures, précipitations, évaporation) sous l'influence des activités humaines – essentiellement des émissions de CO_2, de méthane et d'autres gaz dits à effet de serre – est un sujet d'actualité. Certains experts n'excluent pas la possibilité de changements significatifs à l'échelle de quelques décennies, aussi une telle éventualité ne peut être négligée ici puisque l'horizon des scénarios est 2025.

Au départ des scénarios, les hypothèses de croissance des émissions de CO_2, principal agent de toute la chaîne de conséquences, sont elles-mêmes sujettes à incertitude et des négociations internationales sont engagées pour obtenir leur limitation. Dans l'état actuel des modélisations, les conséquences finales sur le cycle et le régime des eaux continentales – donc sur les ressources naturelles – ne peuvent être calculées. Cela dit, il n'est pas sans intérêt d'examiner quels changements de climat ont été conjecturés, et quelles conséquences sur les ressources en eau en ont été déduites, notamment dans la zone méditerranéenne.

Les scénarios les plus courants se fondent sur l'hypothèse d'un doublement de la teneur de l'atmosphère en CO_2 à une échéance de 50 à 100 ans. Les conséquences les plus généralement admises seraient un accroissement de la température moyenne mondiale de 1,8° C en 2030. Il pourrait entraîner un accroissement de l'évapotranspiration potentielle de 180 à 220 mm/an vers l'horizon 2050 (Le Houérou, 1988) en zone méditerranéenne, soit de 10 à 20 %. Les conséquences sur les précipitations ne seraient pas uniformes selon les régions et pourraient combiner une diminution des précipitations au sud avec un accroissement au nord de la Méditerranée.

Selon un modèle intéressant la partie occidentale du bassin (CEE, 1984), les accroissements de température moyenne pourraient atteindre 2 à 3° C en hiver et 4° C en été, entraînant une diminution des précipitations moyennes de 0 à 180 mm/an. Il a été déduit de ce modèle une diminution de l'écoulement moyen annuel de 200 à 300 mm/an qui déterminerait des secteurs à écoulement nul : cela équivaudrait à une aridification notable du bassin méditerranéen – y compris, vraisemblablement, le bassin oriental –. Un autre modèle (GISS) a calculé des diminutions moindres (0 à 100 mm/an). A la diminution des moyennes s'ajouterait à coup sûr une plus grande irrégularité.

Il est cependant impossible d'estimer la probabilité d'un scénario aussi catastrophiste par sa double conséquence : sur les ressources en eau (à

commencer par les ressources pluviales pour l'agriculture non irriguée), en quantité et en qualité, et sur les demandes (surcroît de nécessités d'irrigation). Dans cette éventualité pessimiste, des effets pourraient être déjà sensibles dès l'horizon 2025 et aggraver fortement les tensions conjecturées sur les eaux du milieu ainsi que les difficultés à satisfaire les besoins, et ceci plus encore qu'avec le scénario le plus dur du Plan Bleu (T3) établi dans l'hypothèse d'une stabilité du climat.

Une autre conséquence probable d'un réchauffement du climat serait l'accentuation du relèvement eustatique du niveau de la mer dont la tendance moderne universelle est de l'ordre de 1 à 1,5 mm/an. Là encore les prévisions divergent assez largement. En Méditerranée, la montée du niveau de la mer conjecturée en 2025, par rapport au niveau moyen actuel, pourrait atteindre de l'ordre de 20 cm. A la fin du XXIe siècle, l'élévation pourrait être entre 30 cm et 1 mètre.

Une telle élévation ne serait pas sans incidences sur les structures des ressources en eau des régions littorales, en sus de la submersion de leurs parties les plus basses : recul d'embouchures de cours d'eau, déplacement vers l'intérieur des interfaces entre les eaux souterraines douces et l'eau de mer (donc diminution de certaines réserves d'eau souterraine).

Les secteurs les plus exposés, où la variation eustatique du niveau de la mer se cumulerait avec la subsidence terrestre, seraient les plaines deltaïques déjà les plus basses actuellement (deltas du Nil, du Rhône, du Pô, etc.). C'est là que les pertes de réservoirs aquifères d'eau douce seraient les plus notables.

En tout état de cause, un changement de climat éventuel dans le bassin méditerranéen dépendra essentiellement des activités humaines dans le reste du monde et relativement peu des actions ou des inactions dans le seul bassin. Le bassin méditerranéen est, spécialement au plan hydro-climatique, un système très ouvert, très interdépendant des espaces extérieurs. La prévention d'un changement de climat préjudiciable ne dépend pas des seuls méditerranéens, loin de là.

4.2. Erosion du sol

Les sols méditerranéens sont en grande partie hérités de conditions climatiques anciennes et leur reconstitution actuelle par la pédogénèse est minime, hors des zones d'alluvionnement actif (deltas, plaines inondables...). Aussi leur érosion, quels qu'en soient l'intensité et le rythme (très discontinu), a un effet cumulatif dont l'empreinte sur les paysages méditerranéens est déjà forte. La dégradation des sols méditerranéens, associée à la transformation de la couverture végétale, est un phénomène ancien. La dégradation spécifique moyenne, pour des bassins de quelques centaines ou milliers de km^2, en secteur de montagnes ou de collines, est souvent supérieure à 0,5 mm/an ou 1000 t/an par km^2. A des degrés divers, suivant les régions et les époques, les actions (ou inactions...) humaines ("défrichement", déboisement, changement de mode cultural, abandon d'entretien...) ont contribué à exagérer et accélérer les processus de dégradation des sols, au point que les effets de ces actions sont difficilement séparables des causes naturelles. Aussi la progression de la

dégradation dans l'avenir est plus que vraisemblable et ses conséquences sur le régime des eaux futur ne peuvent être négligées.

Le ruissellement local, allié à l'agressivité des précipitations, est le principal agent physique de cette érosion, qui à son tour le favorise (notamment par l'extension du ravinement des terrains peu perméables) : exemple typique de rétroaction amplificatrice. L'accroissement du ruissellement a en général un double effet. En réduisant la part des précipitations évaporées il peut augmenter l'écoulement total. Mais il accentue aussi la phase irrégulière de l'écoulement aux dépens des débits pérennes (il diminue l'infiltration "primaire", donc l'alimentation des aquifères, sauf lorsqu'elle est subordonnée aux crues, notamment en zone aride). La dégradation des sols et l'affaiblissement du rôle de la couverture végétale amplifient ainsi l'irrégularité des ressources en eau naturelles, la "torrentialité" des écoulements en zone montagneuse, tandis qu'elle fait régresser la densité des cours d'eau permanents et affaiblit leur débit.

L'état présent du régime des eaux est donc un moment d'une évolution poursuivie depuis longtemps. Comme les facteurs anthropiques qui l'ont largement déterminée, cette évolution n'a pas dû être continue mais s'est sans doute accélérée pendant des phases critiques (défrichements antiques, progrès de la pastoralisation, abandon récent des cultures en terrasses, surcharge moderne de population...). Sa poursuite est vraisemblable. Toutefois on manque de repères pour la quantifier.

A la différence de l'érosion des sols, dont le taux actuel a fait l'objet de diverses estimations, les changements du régime d'écoulement qui en résultent échappent à l'observation contemporaine – de trop courte durée – et sont peu accessibles aux recherches rétrospectives. Aussi est-il difficile d'estimer dans quelle mesure l'"irrégularisation" des écoulements pourrait progresser, notamment à l'horizon 2025. On peut seulement supposer que les ratios actuels "ressource régulière / ressource totale" (cf. tab. 5 et 13) pourraient diminuer dans beaucoup de régions du bassin méditerranéen ; cela pourrait toutefois être tempéré (sinon neutralisé) par les effets de la "déprise agricole", accompagnée de reboisement, dans certains pays du Nord – encore que les nouvelles jachères envisagées dans la CEE et les régressions d'entretien des versants concomitantes puissent avoir des conséquences négatives sur ce plan.

Quoi qu'il en soit des évolutions éventuelles des éléments du cycle de l'eau, le maintien à l'horizon 2025 des conditions actuelles de génération des ressources représente l'hypothèse la plus favorable. Il en est de même par conséquent des états des eaux du milieu. Même si l'on ne peut en estimer les probabilités ni les importances, on ne peut donc exclure la possibilité de tensions aggravées – à scénario égal – sous le seul fait de changement durable des conditions climatiques et des progrès de la dégradation du sol.

En tout cas, ces aggravations ne pourraient qu'accuser les contrastes "Nord/Sud" mis en évidence au chapitre 5 : quels que soient les scénarios, des réductions de ressources en eau seraient plus facilement supportables et gérables dans les pays à population relativement stabilisée que dans ceux en forte croissance démographique, avec des évolutions de demande en eau à l'avenant.

5. Inventaire des sujets à progrès technique

5.1. *L'enjeu technologique*

L'évolution future des techniques – non seulement les innovations mais surtout leur mise en pratique – aura-t-elle des effets appréciables sur les modes d'utilisation d'eau comme sur l'exploitation, voire la gestion des eaux, capables de modifier les pressions des demandes sur les ressources, donc les états des eaux du milieu, sinon à l'horizon 2000 bien proche, du moins à l'horizon 2025 ? L'évolution scientifique et technique dans le passé récent – en gros depuis un siècle – a suffisamment influencé les capacités de connaissance et d'action relatives à l'eau pour que cette interrogation soit fondée.

Ces progrès ont d'abord permis la forte expansion de la maîtrise et de l'exploitation des eaux motivée par la croissance des demandes. Dans une optique "productiviste", les avancements du savoir et du savoir-faire ont multiplié l'efficacité des moyens : des grands barrages aux forages profonds, du relevage de l'eau à son traitement, tout un outillage moderne s'est superposé aux techniques traditionnelles des civilisations méditerranéennes, sans toujours les supplanter mais parfois en les contrariant. Par contre ces progrès n'ont guère été consacrés à la compréhension et à la maîtrise des impacts de l'intensification des exploitations sur l'état du milieu, objectif longtemps négligé.

Aussi la première question pour l'avenir est de savoir dans quelle mesure les progrès techniques contribueront à parfaire l'exploitation des eaux, restaurant un équilibre entre les actions humaines et la nature. La prévision technologique à long terme est un art hasardeux et la prospective des diffusions effectives des innovations se heurte à des inconnues supplémentaires. Les pronostics optimistes des années soixante sur la production d'eau potable par dessalement d'eau de mer ne prévoyaient pas la montée du prix de l'énergie...

Il paraît donc aussi important d'examiner les possibilités de développement de techniques actuelles déjà opérationnelles, bien qu'encore souvent qualifiées de non conventionnelles, que de pronostiquer les innovations techniques les plus probables.

5.2. *Techniques de connaissance et de prévision*

Prévision du temps et du climat

Une prévision météorologique plus fiable et à portée plus étendue (5-10 jours, 1 mois ?) est possible à l'horizon 2000 et fort vraisemblable en 2025. A court terme surtout, elle sera servie par l'utilisation croissante de données télédétectées en continu (radars, satellites géostationnaires) et des réseaux de stations automatiques, ainsi que par l'expansion des modélisations simplifiées. C'est sans doute en cette matière que des progrès techniques auraient les conséquences les plus fortes sur l'économie de l'eau dans le monde méditerranéen, en permettant de mieux ajuster les demandes de l'agriculture (irrigation de complément) et la gestion des réservoirs, et d'accroître la sécurité contre les risques d'inondation (lachures anticipées mieux réglées).

A une autre échelle, la prévision climatique à long terme, encore aujourd'hui très débutante, pourrait permettre de réduire les aléas de la planification des eaux et d'anticiper sur des adaptations nécessaires... Ces progrès sont toutefois eux-mêmes fort problématiques et difficilement prévisibles. La modélisation, seule voie praticable, risque de se heurter à un mur de complexité, quels que soient les progrès de l'intensité des mesures et des puissances de calcul.

Analyse des systèmes d'eau et prévision hydrodynamique

En matière quantitative il subsiste peu d'inconnues dans ce domaine. Des progrès sont surtout à attendre dans l'art d'ajuster les acquisitions de données aux besoins d'information (amélioration de l'économie des contrôles et des études), dans la conceptualisation des systèmes d'eau (notamment par une prise en compte plus exacte des interactions entre eaux superficielles et souterraines) pour affiner l'évaluation des ressources et dans la banalisation des instruments de simulation. Ceux-ci devraient être de plus en plus "conviviaux" (systèmes experts) et diffusés plus directement parmi les utilisateurs d'eau, appliqués à la gestion prévisionnelle (appréciation des effets de décisions...) et à la prévision en temps réel (réseaux d'alerte).

Analyse et prévision des impacts sur les qualités des eaux

Un champ beaucoup plus large s'ouvre ici à des progrès des techniques d'investigation des phénomènes et de leur modélisation prédictive aux échelles voulues. Ces progrès probables devraient rendre plus sûrs les diagnostics, plus efficaces les projets d'actions curatives et plus adaptées les mesures préventives de protection. Ils risquent cependant d'être très disséminés du fait de la grande variété des cas, des sources et des matières polluantes. Un progrès méthodologique serait particulièrement utile dans l'estimation des capacités auto-épuratrices des eaux courantes, autrement dit dans l'évaluation de la ressource sollicitée en aval des usages, fondement de la prévision des impacts des retours d'eau usée, donc de la gestion des émissions finales.

Métrologie

Des perfectionnements des techniques de mesure et d'enregistrement (capteurs, compteurs, automatismes, télémesure, télétransmission...), à objets très divers (variables naturelles ou "hydro-économiques", paramètres quantitatifs ou qualitatifs), qui entraîneraient à la fois des baisses de coût et des gains de fiabilité, conditionneront largement l'amélioration des analyses de situation naturelle ou d'impact, aussi bien que du contrôle de gestion.

5.3. *Techniques d'aménagement, de conservation et d'exploitation*

Prévention de l'envasement des retenues et dévasement

En vue de prolonger le plus possible la durée du fonctionnement régulateur des retenues, objectif vital pour la plupart des pays du Sud et de l'Est, des efforts notables seront certainement consacrés au perfectionnement des techniques de prévention de l'envasement comme à celles du dévasement. Les premières (traitement du sol et des versants, reconstitution du couvert

végétal, pièges à sédiments...) sont déjà relativement efficaces. Les secondes pourraient être davantage matières à innovation.

Réduction de l'évaporation des plans d'eau

La liste des procédés variés imaginés à cette fin et expérimentés (avec des succès inégaux) jusqu'à présent n'est sans doute pas close, malgré les difficultés techniques et économiques. On n'est pas sorti du stade expérimental en cette matière et la rentabilité des méthodes (films monomoléculaires ou autres) reste à démontrer. Pourtant l'enjeu est important pour beaucoup de pays méditerranéens où les pertes d'eau par évaporation des réservoirs d'accumulation sont une fraction non négligeable des écoulements à régulariser. Le cas du réservoir d'Assouan est particulièrement frappant à cet égard, puisque plus du dixième du débit du Nil s'y évapore et est ainsi perdu.

Modalités "néo-traditionnelles" de maîtrise des eaux

Adaptées depuis longtemps aux conditions naturelles et socio-économiques du bassin méditerranéen, diverses techniques traditionnelles de maîtrise et d'exploitation des eaux (collecte directe de l'eau de pluie, contrôle du ruissellement local, petites retenues, citernes, galeries drainantes...), qui avaient souvent périclité à l'époque moderne et été refoulées par la "grande hydraulique", connaissent un regain d'intérêt Ces techniques pourraient bénéficier de perfectionnements modernes facilitant leur mise en œuvre et améliorant leur efficacité en conservant les avantages de ces micro-aménagements multipliables sans nécessité d'organisation centralisée. On peut citer comme exemples de cette orientation l'"agriculture par ruissellement" pratiquée depuis plus de vingt-cinq ans en Israël et les réhabilitations engagées en Tunisie.

Forage et captage d'eau souterraine

En prolongement de leurs progrès récents, les techniques de forage devraient encore se perfectionner, avec pour double objectif d'abaisser les coûts – donc de favoriser notamment l'exploitation d'eau souterraine profonde – et de s'adapter mieux aux structures géologiques complexes et hétérogènes – donc d'étendre le champ des aquifères jugés exploitables –. L'utilisation comme force motrice de sources d'énergie nouvelles (pompes solaires notamment) pourrait prendre une place croissante et contribuer au développement de l'exploitation de ressources particulièrement vouées aux demandes décentralisées.

Encouragée par des expériences récentes (captage de la source du Lèz à Montpellier, en France), l'exploitation plus intensive des aquifères karstiques par captage "régulateur" est une technique qui pourrait aussi se développer dans les pays méditerranéens où des sites karstiques appropriés sont nombreux.

Exploitation et conservation des eaux douces soutenues par l'eau de mer dans les aquifères littoraux

Il s'agit plus ici du développement d'un art dont la plupart des procédés sont déjà opérationnels que d'innovations techniques. Des progrès peuvent

être attendus, à la fois pour l'intensification de l'exploitation et pour la sauvegarde de l'équilibre et des qualités des eaux, dans les zones côtières méditerranéennes dont les ressources en eau souterraine limitées sont déjà très sollicitées et dégradées en différents secteurs (UNESCO, 1987). Les aquifères karstiques littoraux, si fréquents dans la plupart des pays méditerranéens, offrent le plus matière à des novations techniques qui auraient des conséquences considérables sur l'aménagement et la mobilisation des eaux dans ces régions littorales à forte demande.

Le grand fleuve artificiel de Libye

Le projet d'exploitation d'eaux souterraines appelé "*Grand Fleuve Artificiel de Libye*" est probablement le plus important du genre dans le monde. Il est destiné à amener l'eau souterraine du Sud du pays vers une grande partie du littoral libyen, pour les besoins domestiques et pour le dévleoppement de l'agriculture et de l'industrie.

Les prospections et les études hydrogéologiques ont montré l'existence de réserves d'eaux souterraines très importantes dans les aquifères sahariens. Il s'agit d'eau "géologique" ou "fossile" qui ne se renouvelle pas et dont l'exploitation a donc un caractère "minier", mais qui peut être effectuée dans les conditions actuelles de pompage pendant plusieurs décennies. Les conditions climatiques particulièrement sévères et la présence de sols médiocres rendent l'utilisation de cette eau très difficile sur place. C'est pourquoi les autorités libyennes ont envisagé de prélever cette eau et de la transporter par des conduites vers la zone littorale Nord, là où le sol est de bonne qualité, les conditions climatiques plus favorables et la main-d'œuvre disponible pour un développement à grande échelle.

La réalisation du projet prévoit trois phases qui permettront à terme de fournir 5,5 millions de m^3 d'eau par jour dans la région de Benghazi et du golfe de Syrte.

Au cours de la première phase, deux champs de forage seront réalisés à Sarir et Tazerbo, chacun produisant 1 million de m^3 d'eau par jour. Cette eau sera transportée par deux conduites de 4 m de diamètre jusqu'au réseau de distribution. La longueur totale de la conduite sera de l'ordre de 1600 km ; une bonne partie en est déjà installée. Le système disposera de plusieurs réservoirs de volume considérable (4 millions de m^3) et son fonctionnement sera assuré à partir d'une salle d'opération principale à Benghazi et de salles d'opération locales au niveau des deux champs de forage ; il sera alimenté en énergie à partir d'une centrale électrique autonome et bénéficiera des dispositifs propres nécessaires à son fonctionnement et à sa maintenance.

Au cours de la seconde phase, le système sera développé avec la réalisation de 4 champs additionnels de forage (Djebel Fezzan) ayant chacun une capacité de production de 0,5 million de m^3 par jour et dotés des conduites et des réservoirs appropriés.

Dans la troisième phase, l'aquifère au sud de Koufra sera mis à contribution et incorporé au système, avec une production de 1,5 million de m^3 d'eau par jour.

La première phase du projet a été inaugurée en août 1991.

Source : UNESCO (H. Zebidi).

Captage des sources littorales et sous-marines

Des progrès techniques décisifs en cette matière pourraient largement contribuer à accroître les ressources exploitables pour beaucoup de zones littorales (Italie, Yougoslavie, Grèce, Turquie, Liban...). Il s'agit là autant de techniques de gestion dynamique des captages, servies par l'automation, que de conception de leurs structures. Ces techniques seront néanmoins concur-

rencées par celles permettant une exploitation plus intensive des aquifères littoraux, plus en amont des zones de mélange avec l'eau de mer.

Alimentation artificielle d'aquifères

Des procédés variés, largement éprouvés pour la plupart, sont employés pour accroître artificiellement l'alimentation de nappes souterraines, en général à partir d'eau superficielle. Jusqu'ici, il s'est agi le plus souvent d'augmenter la production de captages ou de compenser des surexploitations ou des rabattements de nappe induits par des aménagements hydrauliques, plutôt que de régulariser par ce moyen des eaux superficielles. Des exceptions sont toutefois à signaler, comme en Israël où une telle régulation est opérée depuis plus de vingt ans. Plus particulièrement, dans les pays du Sud, les innovations pourraient porter moins sur les techniques – qui resteront diverses et adaptées à chaque cas – que sur la stratégie d'opération et la source d'eau sollicitée :

– L'alimentation ou "recharge" artificielle de nappe souterraine pourrait davantage s'intégrer dans l'aménagement des eaux comme un moyen de régularisation des eaux superficielles complémentaire des barrages d'accumulation, parfois couplé avec eux.

– Les eaux utilisées à cette fin seraient davantage des eaux de crue et aussi des eaux usées prétraitées. L'alimentation artificielle s'inscrira ainsi souvent dans les filières de réutilisation des eaux usées mentionnées par ailleurs.

Stockage souterrain d'eau douce en aquifère salé

Une application particulière des techniques de recharge artificielle, déjà expérimentée en Floride (USA), viserait à stocker de l'eau douce en aquifère envahi par de l'eau salée en repoussant celle-ci, notamment dans des aquifères littoraux et en plaine côtière dépourvue de site d'accumulation d'eau superficielle. De tels aménagements pourraient compléter la gestion des nappes d'eau souterraine littorales en contribuant à accroître les ressources régulières de zones côtières.

Réservoirs d'eau douce en mer

Des digues barrant des baies ou arquées contre le littoral, construites suivant des techniques de travaux maritimes parfaitement maîtrisées dès à présent, pourraient permettre d'aménager des retenues d'eau douce côtières alimentées par des dérivations de cours d'eau. De tels réservoirs seraient un substitut possible à l'absence de site de retenue dans certains bassins côtiers ou à leur dégradation par l'envasement, offrant le moyen de conserver et d'utiliser une partie des eaux douces perdues autrement en mer (un aménagement de ce type a été construit en Asie à Hong-Kong...). Cela exigerait toutefois la conjonction d'un site topographiquement favorable, d'une source d'eau non maîtrisable par d'autre moyen et d'une demande assez proche.

5.4. *Techniques de traitement*

De nouveaux progrès des techniques de traitements correcteurs des eaux prélevées, en particulier des traitements de potabilisation, sont à prévoir,

notamment pour se conformer aux normes de qualité plus exigeantes visées dans certains pays (CEE). Des techniques nouvelles plus performantes (membranes synthétiques, ultra-filtration), objets de recherches déjà engagées en plusieurs pays (au Danemark et en France par exemple), permettront d'élever la qualité des eaux livrées aux usagers tout en élargissant la gamme des eaux exploitables et traitables.

5.5. *Techniques de production d'eau "non conventionnelles"*

Dessalement de l'eau de mer et d'eaux saumâtres

Depuis plusieurs décennies, le dessalement de l'eau de mer est pratiqué dans plusieurs pays méditerranéens (Espagne, Italie, Malte, Israël, Libye), à l'échelle industrielle. Des techniques variées ont été développées et elles ont chacune leur propre domaine de compétitivité en fonction de la salinité de l'eau-matière première et du volume à produire (distillation, électro-dialyse, procédés à membrane/osmose inverse...).

Les progrès techniques qui pourraient le plus contribuer à l'essor de ces productions d'eau douce sont ceux qui perfectionneraient les procédés à plus faible consommation d'énergie. Le coût énergétique – et par conséquent financier – de ces productions est en effet le principal frein à leur développement. Ce sont, pour cette raison, les progrès des procédés à membrane liés aux recherches sur les matériaux qui seront probablement les plus décisifs.

On notera ici que les techniques de l'osmose inverse seront précisément plus concurrentielles, par rapport à la distillation, dans le contexte méditerranéen, en raison de leur adaptation aux petites et moyennes unités de production (desserte de petites îles, d'agglomérations littorales moyennes ou d'installations touristiques). C'est ainsi qu'à Malte a été installée dès 1982 l'usine de dessalement par osmose inverse de Ghar Lapsi qui, avec une capacité de production de 20 000 m^3/j était alors la première au monde. Cette production a été depuis portée à 25 000 m^3/j. En 1986, 87 % du volume d'eau dessalée produit à Malte l'était par osmose inverse, soit 28 % de toute l'eau utilisée dans ce pays.

Régénération d'eau usée pour réutilisation

Les progrès des techniques d'épuration des eaux usées considérées ici comme techniques de régénération, et surtout ceux de leur sélectivité, sont une condition première du développement des filières de réutilisation de ces eaux. Le traitement de l'eau usée approprié pour produire l'eau de qualité voulue pour l'usage secondaire visé est en effet la base première de telles filières.

D'ores et déjà la production d'eau potable à partir d'eau usée est techniquement possible. Toutefois, même pour satisfaire des demandes moins exigeantes en qualité (irrigation, refroidissement industriel, voirie urbaine...), l'expansion de la réutilisation d'eau usée sera fortement conditionnée par la possibilité de garantir la constance de qualité minimale de l'eau "sous-produite" offerte, malgré des variations de l'eau brute, notamment au regard de normes sanitaires toujours plus exigeantes. Cette expansion sera donc faci-

litée par le progrès de techniques de traitement souples et adaptatives, de même qu'elle sera inséparable du perfectionnement des techniques de contrôle en continu et de la rigueur de leur application. Elle devrait contribuer à réduire les demandes en eau potable, donc les pressions sur les eaux naturelles de qualité potabilisable.

5.6. *Techniques de transport et de distribution*

Les transferts d'eau, même massifs et à grande distance, ne posent aucun problème que les techniques actuelles ne soient capables de résoudre. Y compris des adductions sous-marines. Leur développement sera essentiellement fonction de l'évolution de leur faisabilité économique. Sont par contre davantage matière à progrès technique, et surtout à développement, les transports d'eau par voie maritime et la gestion des réseaux.

Transport maritime d'eau douce

Encore "non-conventionnel" du fait de la rareté de ses applications, ce mode de transport d'eau est déjà opérationnel depuis assez longtemps à une échelle modeste (desserte d'îles) et sa viabilité au plan international a été démontrée récemment en Méditerranée par l'échange entre Marseille et Tarragone (1983, 1,3 million de m^3 transportés en 3 mois, vendus 20 FF le m^3). Les techniques mises en œuvre dans cette filière sont relativement maîtrisées et les perfectionnements qui permettraient d'abaisser le coût du m^3 d'eau transporté (accélération des rotations, adaptation des navires transporteurs, barges ou conteneurs tractés...) pourraient favoriser le développement de tels transports.

Efficacité et gestion technique des réseaux

Qu'il s'agisse de la distribution d'eau potable ou des réseaux d'irrigation, le développement déjà amorcé des techniques d'automation (commande par l'aval...), de télécommande, d'optimisation et d'informatisation est probable. Il devrait permettre des économies d'eau en ajustant mieux les prélèvements primaires aux demandes des usagers et en réduisant des "pertes d'exploitation" qui ne sont qu'incomplètement récupérées par le milieu naturel. Les améliorations des matériaux des conduites et canaux, de même que les progrès des techniques de détection des fuites devraient aussi concourir à accroître les rendements de distribution et à réduire les demandes primaires.

5.7. *Techniques d'usage*

En explorant les demandes en eau futures par secteur (agriculture, industrie, électricité), on a souligné combien elles pouvaient dépendre des évolutions des techniques d'usages, elles-mêmes difficilement prévisibles, du moins quant à leur importance relative. Les conséquences des choix techniques futurs peuvent être considérables sur les demandes unitaires et globales : elles déterminent plus ou moins d'économies d'eau, même si ce n'est pas leur objectif premier, ou elles élargissent la gamme des qualités d'eau utilisables telles quelles.

Economies d'eau

Des progrès techniques et surtout une large mise en pratique de procédés déjà opérationnels peuvent être raisonnablement présagés en matière d'économie d'eau par les usagers : du recyclage d'eau dans les processus industriels aux procédés d'irrigation les plus efficaces (aspersion, goutte-à-goutte) et même au recyclage d'eau domestique (en habitat collectif)... C'est tout particulièrement de la diffusion des techniques de réglage automatique de l'irrigation, couplée avec la mesure continue des besoins en eau des plantes (irrigation sur mesure), que des économies d'eau massives peuvent être le plus attendues. Joints à l'expansion des réutilisations à diverses échelles (dans les filières industrielles, dans les périmètres irrigués, entre secteurs d'utilisation amont et aval), ces progrès devraient concourir à l'abaissement des demandes d'approvisionnement unitaires (*per capita*, par ha irrigué, par unité de produit...) qui seront nécessaires dans certains pays méditerranéens, donc à la modération des demandes globales. Dans les périmètres irrigués, outre les économies d'eau, les gains d'efficacité auraient encore pour avantage d'atténuer les effets de l'engorgement et de la surcharge des nappes souterraines, donc l'intensité des travaux de drainage nécessaires (sous réserve toutefois du contrôle permanent de la salinisation des terres).

Techniques propres

Les économies d'eau souvent associées dans l'industrie à l'expansion des "techniques propres" ont aussi un effet bénéfique sur les émissions de matières et peuvent ainsi alléger les charges d'épuration, concourant à atténuer les émissions finales.

Adaptation des usages à des eaux de qualité particulière

Plutôt que de corriger par traitement certains défauts de qualité des eaux offertes, des adaptations des usages ont parfois été tentées et pourraient se développer, en élargissant la gamme des ressources en eau directement utilisables. Il s'agit surtout de l'irrigation par des eaux saumâtres, expérimentée depuis 1970 en Tunisie (Projet CRUESI/UNESCO), ainsi qu'en Israël, à Chypre, en Espagne..., et dont les conditions de faisabilité sont bien définies.

On peut aussi mentionner dans cette optique l'utilisation des eaux tièdes restituées par les circuits de refroidissement, notamment par les centrales thermiques à circuit ouvert, pour l'aquaculture. Le développement de cette pratique pourrait accompagner la croissance des productions thermoélectriques dans le bassin méditerranéen et des émissions d'eau réchauffée, y compris lorsqu'il s'agit d'eau de mer.

La réutilisation d'eau usée urbaine pour des usages ne requérant qu'un traitement minimal (irrigation de prairies, d'arbres...) entre encore dans ce cas. C'est vraisemblablement la forme de réutilisation d'eau usée qui pourrait se développer le plus rapidement. En Israël, par exemple où 35 % du volume d'eaux usées sont déjà réutilisés, principalement pour l'irrigation de 15 000 ha (dont 85 % pour la culture du coton), on projette de porter le taux de réutilisation à 80 % en 2000 (Shuval, 1987).

Conservation de l'eau : interventions techniques et tarifaires

Les pays qui connaissent une pénurie d'eau (Chypre, Israël, Libye et Malte) ou qui rencontrent des difficultés dans ce domaine (Algérie, Egypte, Espagne, Grèce, Italie, Maroc, Syrie et Tunisie) doivent d'urgence accorder la priorité la plus grande à la conservation et à la protection de leurs ressources en eau. Même des pays où l'eau ne menace pas d'être rare (France, Turquie et Yougoslavie) doivent mettre davantage l'accent sur la gestion de leurs ressources en eau, puisque tous les pays connaissent une augmentation rapide des coûts d'investissement, souvent de l'ordre de 20 % des investissements publics. Le problème ne peut être résolu que par une application coordonnée de mesures tarifaires et non tarifaires.

Il faudrait ajuster les tarifs pour qu'ils reflètent le coût économique de l'approvisionnement en ressources, même s'il s'avère nécessaire de protéger les consommateurs pauvres par des subventions directes. L'impact des ajustements tarifaires se fait sentir non seulement sur la demande d'eau, mais aussi sur les niveaux d'investissements requis. Des études de cas démontrent que les tarifs de l'eau peuvent contribuer significativement à réduire la demande. Dans les pays où l'augmentation rapide des prix n'est pas politiquement faisable, il faut identifier d'autres moyens pour économiser les ressources en eau. Des programmes de conservation de l'eau privilégiant l'information, les mises en conformité et les normes techniques, ainsi qu'une politique des prix, restent une priorité essentielle. En outre, il faut adopter une réglementation et des mesures d'application permettant de pénaliser ceux qui font un usage excessif de l'eau. Il faut concevoir des techniques d'irrigation et des technologies industrielles qui permettent une utilisation optimale des ressources en eau.

Il faut améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau dans tous les domaines, spécialement dans l'agriculture, qui consomme plus de 70 % de l'eau. On a estimé par exemple que le secteur agricole égyptien utilisait 60 % plus d'eau qu'il ne lui est nécessaire. Les principales technologies d'économie d'eau sont le goutte-à-goutte et l'asperseur. Leur efficacité peut atteindre 90 %. Des modifications dans la gestion des systèmes d'irrigation peuvent également avoir un impact significatif.

A Izmir, en Turquie, les industries puisent gratuitement dans la nappe phréatique, et consomment 70 % de plus qu'il ne leur est techniquement nécessaire. Les économies d'eau peuvent avoir en pareil cas un impact énorme. Les subventions en faveur de l'eau à Izmir reviennent actuellement à environ 17 millions de dollars par an, ce qui représente 20 % du budget municipal annuel.

Il faut également accorder davantage d'attention au recyclage et à la réutilisation de l'eau. L'eau non potable peut servir à d'autres usages et être recyclée plusieurs fois. Ces efforts de réutilisation de l'eau doivent être appuyés par des incitations tarifaires ou par une stricte réglementation et des mesures d'application rigoureuses. En Israël, le gouvernement fixe les normes d'utilisation de l'eau pour chaque industrie. La papeterie de Hadera, par exemple, utilise 12 m^3 d'eau par tonne de papier produit alors que la norme dans cette industrie peut atteindre 120 m^3 par tonne. D'ici l'an 2000, 16 % des besoins en eau de ce pays seront satisfaits par de l'eau recyclée. Ailleurs, pareils efforts ne pourront être couronnés de succès que grâce à la combinaison de mesures réglementaires et tarifaires énergiques, à la mise en place d'organismes d'application compétents et à une volonté politique d'appuyer ces mesures – en particulier les mesures tarifaires –.

Source : Banque Mondiale et Banque Européenne d'Investissement (1990). *Programme pour l'Environnement dans la Méditerranée.*

Enfin l'utilisation des bassins de lagunage pour des productions aquacoles appropriées, qui a été expérimentée en France, au Languedoc, depuis

quelques années, valorise du même coup cette technique simple d'épuration qui est sans doute appelée à se perfectionner et à se développer, en particulier dans les pays du Sud.

5.8. *Techniques d'assainissement et d'épuration*

Efficacité et gestion technique des réseaux d'assainissement

Les perfectionnements déjà mentionnés à propos des réseaux de distribution d'eau sont aussi applicables aux réseaux de collecte d'eaux usées : réduction des fuites, gestion automatisée. Couplés avec le développement des systèmes "séparatifs" et des équipements de rétention et d'évacuation des eaux d'orage mieux dimensionnés – particulièrement nécessaires en pays méditerranéen –, ces progrès devraient contribuer à améliorer les taux de collecte et de traitement des rejets des collectivités.

Epuration des eaux usées

Les recherches actuelles laissent prévoir un renouvellement profond des techniques d'épuration classiques (biofiltration, bioréacteurs à membranes) qui, accompagné de progrès parallèles du traitement des boues résiduelles, devrait favoriser l'amélioration du rendement des installations et le respect plus constant des normes d'émission finales dans le milieu. Ce progrès serait toutefois facilité par des prétraitements épurateurs spécifiques des eaux résiduaires industrielles rejetées dans les réseaux de collecte urbains, ainsi que par le développement de la gestion automatisée des réseaux évoquée ci-dessus, notamment dans le cas des réseaux non séparatifs.

La technique plus rustique du lagunage n'en conservera pas moins ses atouts (fonctionnement simple et économique) et pourra sans doute aussi être perfectionnée, couplée parfois avec une valorisation par l'aquaculture. Enfin la technique d'épuration par le sol, expérimentée avec succès depuis quelques années sur le littoral méditerranéen français (Port-Leucate), ainsi qu'en Israël, semble aussi promise à un certain avenir, notamment comme substitut à l'épuration classique d'eaux usées de petites ou moyennes agglomérations, suivie d'émission directe en mer.

Assainissement autonome

L'assainissement "autonome" – individuel ou petites collectivités – n'est pas appelé à disparaître malgré les progrès du "tout à l'égout". Dans les programmes de rattrapage des retards actuels de l'assainissement dans tous les pays méditerranéens l'assainissement autonome a et aura sa part, d'autant plus que les incidences négatives de l'assainissement collectif classique et imparfait (pollution par les émissions finales incomplètement épurées de débits élevés d'eaux usées) sont aujourd'hui mieux perçues. Les techniques de l'assainissement autonome, à impacts plus dispersés et mieux tolérés par l'environnement n'en requièrent pas moins des progrès facilitant leur expansion, dans les pays du Nord comme dans ceux du Sud. Cela se relie étroitement à l'épuration par les sols mentionnée plus haut.

5.9. Techniques de "dépollution"

La décontamination, ou régénération *in situ* d'eau superficielle ou souterraine polluée, ou encore la lutte contre l'eutrophisation, offrent un large champ aux innovations. Des techniques "douces" peuvent entrer ici en compétition avec des procédés plus vigoureux mais non sans effets secondaires préjudiciables au peuplement des eaux douces. Des progrès sur ce plan restent souhaitables pour accroître l'efficacité des interventions de dépollution, quelles que soient les techniques mises en œuvre pour réduire les pollutions d'eau chroniques ou accidentelles.

6. Des innovations techniques aux applications effectives

Au terme de cet inventaire sans prétention exhaustive une remarque s'impose : aussi importants que les innovations dans chaque technique prise en particulier seront les progrès de leur articulation pertinente dans les filières des circuits d'utilisation des eaux : filières de production-distribution, de réutilisation, d'assainissement-épuration. Le maintien de maillons en stagnation dans ces enchainements techniques handicaperait le progrès de l'ensemble.

Il importe moins d'ailleurs d'explorer les innovations techniques imaginables que de supputer les chances de leur mise en pratique à une échelle significative et les progressions de leur développement éventuel d'ici l'horizon 2025. Ces développements seront déterminés surtout par les conditions socio-économiques et culturelles. Sur ce plan, les différences pourraient être importantes suivant les pays et, dans une certaine mesure, aussi suivant les scénarios.

Les facteurs favorables au développement des techniques nouvelles seront d'abord la perception générale de leur nécessité, lorsqu'elles permettront effectivement de faire face aux problèmes, puis leur compétitivité. Mais pourront jouer aussi les pressions des promoteurs intéressés.

En revanche, les "modernisations" seront freinées par les charges d'investissement, les pesanteurs socio-culturelles (poids des habitudes, retards des comportements par rapport aux situations) et les rentes de situation, mais aussi par des "effets externes", dont des oppositions écologistes pourraient tirer argument. Des obstacles d'ordre structurel ou institutionnel pourraient aussi parfois entraver les transformations.

La raréfaction des ressources et l'extension des pénuries d'eau chroniques qu'elle engendre, créeront évidemment des conditions favorables aux techniques permettant des économies d'eau ou des productions "non-conventionnelles". Le développement des techniques économes devrait être le plus marqué là où une large marge de "compression" des demandes en eau *per capita* apparaît possible et souhaitable (Egypte surtout, et à un moindre degré, Maghreb), mais il pourra s'y heurter à des comportements d'usagers adaptés à des abondances anciennes. Par contre, dans les pays où la pénurie est déjà gérée dès à présent (Israël, Malte) et où il reste peu à gagner sur ce plan, les progrès encore possibles seront plus facilement acceptés.

Des discordances entre certains projets techniques et les possibilités de leur réalisation pourraient être particulièrement notables en matière de transport, lorsque ces projets rencontrent des conditions géopolitiques défavorables. Les transferts d'eau massifs entre bassins conçus par des technocrates pour assurer une meilleure répartition des ressources à l'échelle nationale – voire internationale – peuvent être contrariés par le développement de pouvoirs régionaux décentralisés, comme il s'en développe dans plusieurs pays du Nord, ou par un manque de coopération entre pays. Les réticences peuvent aussi bien être le fait des receveurs craignant les inconvénients d'une dépendance à l'égard de leurs voisins.

En bref, par rapport aux scénarios du Plan Bleu :

– le scénario T2 devrait le plus entraver les progrès techniques requérant des investissements ;

– le scénario T3 favoriserait surtout les développements des techniques productives améliorant les rentabilités micro-économiques, notamment les traitements de potabilisation plus poussés dans les pays industrialisés, de même que les productions d'eau par dessalement dans les pays du Sud ;

– les scénarios A favoriseraient davantage les progrès et la diffusion des techniques d'économie d'eau et d'épuration.

Toutefois, la prospective des conséquences des évolutions techniques sur les demandes en eau et l'état des ressources se double d'une prospective des répercussions de la raréfaction des ressources sur les techniques. L'évolution des techniques appliquées et celle de l'état du milieu seront donc largement interactives. Aussi les transformations à venir des techniques de l'eau seront sans doute autant, sinon plus, un résultat de l'évolution des tensions entre demandes et ressources, c'est-à-dire un moyen d'adaptation des activités humaines aux conditions du milieu, qu'un facteur intrinsèque des changements.

Progrès techniques : promesses ou menaces ?

Changements ou "progrès" techniques ? Dans les lignes qui précèdent on a cédé à la pression idéologique ambiante en postulant leur équivalence. Pourtant, au-delà de son sens objectif de progression, le concept de progrès technique implique l'idée d'amélioration. Mais de quoi : des moyens d'action humains, du bien-être social, du niveau de vie, de l'environnement... ? Dans le domaine de l'eau comme ailleurs, les progrès techniques sont à relativiser à une finalité, et leur appréciation implique une échelle de valeur ; or plusieurs se présentent...

Dans cet esprit, et au risque de quelque subjectivité, le tableau 31 tente de comparer les incidences possibles, estimées positives ou négatives (voire neutres), des différents changements techniques, du point de vue, respectivement, de la mobilisation et de l'utilisation des ressources, de la satisfaction des besoins et des modes d'emploi de l'eau et de l'état des eaux dans l'environnement.

Par "positif", on entend ici :

– pour la maîtrise des eaux : des accroissements d'efficacité et/ou des abaissements de coût de production ;

Tableau 31
Impacts présumés des changements techniques

Techniques sujettes à innovations et développement		Effets sur la maitrise des eaux	Effets sur les approvision-nements	Effets sur les demandes et les usages	Incidences sur le milieu naturel
1. Connaissance et prévision	– Prévision du temps	+	(+)	+	
	– Analyse des systèmes d'eau (quantité)	+	(+)		+
	– Analyse et prévision des impacts (qualités)				+
	– Métrologie	(+)			(+)
	– Prévision des "besoins" et demandes en eau	(+)	(+)	(+)	
2. Aménagement conservation et exploitation	– Prévention d'envasement des retenues	+			+
	– Réduction d'évaporation	+			–
	– Maîtrise des eaux améliorée	+		+	+
	– Captage d'eau souterraine	+	(+)		–
	– Exploitation des nappes d'eau douce/eau salée	+	(+)		+
	– Captage des sources littorales et sous-marines	+			–
	– Alimentation artificielle d'aquifères	+			+, –
	– Stockage d'eau douce en aquifère salé	+			+
	– Réservoirs d'eau douce en mer	+			–
	– Pluie stimulée	+		+	+, –
3. Traitement (avant usage)	– Potabilisation	(+)	+		(–)
4. Production d'eau "non-conventionnelle"	– Dessalement	(+)	+		
	– Régénération d'eau usée/réutilisation	(+)	+	+	(+)
5. Transport et distribution	– Transport maritime d'eau douce		+		(–)
	– Gestion technique des réseaux, réduction des pertes		+		–
6. Usages	– Economie d'eau. Recyclage. Réduction des fuites			+	+
	– Techniques propres			+	+
	– Adaptation des usages à eaux de qualité particulière			+	+, –
	– Nouveaux usages			+	(–)
7. Assainissement et épuration	– Efficience des réseaux d'assainissement				+
	– Epuration des eaux usées	(+)			+
	– Assainissement autonome			+	+
	– Sûreté des dépôts de déchets	(+)			+
8. "Dépollution"	– Dépollution *in situ*	(+)			+
	– Lutte anti-eutrophisation	(+)			+

+ : incidences "positives" ; – : incidences "négatives" ; ( ) : effets indirects.

– pour les approvisionnements : des améliorations de sécurité, de qualité et/ou des abaissements de coût ;

– pour les demandes et les usages : de meilleurs ajustements aux besoins (améliorations de rendement ou d'efficacité) ;

– pour le milieu naturel : des améliorations de son état, en quantité et en qualités, résultant d'efficacité accrue des actions de prévention ou de correction d'impact, notamment d'émissions de matières, ou d'actions curatives (dépollution).

Que conclure de cette brève prospective technologique ?

Les changements techniques les plus probables et les plus effectifs sont sans doute ceux qui concoureront, d'une part à parfaire la maîtrise des eaux et à développer la production d'eau par des modes non-conventionnels, d'autre part à régler et adapter les usages, afin de mieux servir – en quantité et en qualité – des demandes croissantes, tout particulièrement dans les pays à disponibilité en eau naturelle en voie de raréfaction. Donc des "progrès" surtout sous l'empire des nécessités. Plus généralement, notamment dans les pays plus développés, les innovations s'appliqueront plus à améliorer la sécurité et la qualité des approvisionnements qu'à abaisser les coûts des services.

Les impacts sur le milieu naturel seront plus mélangés. Les technicités d'exploitation plus puissantes ne seront pas faites pour favoriser sa conservation. En revanche on sera mieux armé techniquement pour prévenir et réduire les incidences perturbatrices des utilisations des eaux sur l'état du milieu, donc pour atténuer les tensions que l'on prévoit grandissantes entre les ressources et les demandes. Mais réduire l'écart entre les possibilités théoriques et les mises en pratique des techniques disponibles en préservant l'environnement sera avant tout affaire de volonté.

Chapitre

VII.

Conclusions et orientations pour l'action

1. Des conclusions contrastées

Les grandes inégalités de répartition des ressources en eau, aussi bien que les disparités de leur exploitation, donc des disponibilités en quantité et en qualité, entre pays du Nord et du Sud sont un fait majeur qui domine les avenirs possibles, nécessairement plus différenciés suivant les pays que suivant les scénarios. De même, les différences de croissance démographique entre pays, sans grande latitude d'inflexion selon les scénarios, pèsent tout aussi fortement sur la prospective des "problèmes d'eau" engendrés par les demandes futures qui, quels que soient les caractères du développement, appelleront des solutions diversifiées, surtout entre Nord et Sud.

Malheureusement, c'est en général là où les disponibilités en eau sont les plus élevées que les plus faibles croissances des demandes sont prévisibles, et c'est aussi là où l'environnement est le moins dégradé qu'il restera moins menacé.

Quoi qu'il arrive, les contrastes s'accuseront entre :

– les pays ou les régions où le problème dominant sera de concilier le maintien ou une croissance modérée à faibles coûts des demandes en eau des usagers, avec la protection, voire la restauration, du milieu naturel répondant à la demande sociale ;

– et les pays déjà engagés -ou appelés à l'être inéluctablement- dans une "gestion de la rareté", où l'économie de l'eau se disjoindra progressivement de la seule exploitation des ressources naturelles. A des prélèvements primaires *per capita* nécessairement décroissants devront correspondre des utilisations d'eau plus efficaces et séquentielles – "la même eau devant servir plusieurs fois", complétés par le recours à des "ressources artificielles" (eau saumâtre ou

eau de mer dessalée...). Les grandes différences de coût entre ces sources d'approvisionnement engendreront de vives rivalités, requérant des arbitrages. La fragilité des disponibilités en eau naturelle en voie de raréfaction n'en rendra pas moins des efforts de préservation du milieu aussi nécessaires que dans les pays précédents. Plusieurs pays utilisent dès à présent presque tout leur "revenu" en eau naturel (ressources renouvelables), ou même vivent sur leur "capital-eau" (Israël, Malte, Libye). D'autres se trouveront dans cette situation en 2000 (Egypte, Chypre, Tunisie) et d'autres probablement avant 2025 (Algérie ; Espagne, Maroc et Syrie dans le bassin méditerranéen).

Dans les pays ou régions en situation intermédiaire, à disponibilités en eau encore larges mais mobilisables à coût croissant, et à demandes en eau grandissantes sous la pression démographique (Maghreb, Turquie...), le souci de satisfaire ces demandes à court terme et au moindre coût direct risque de l'emporter généralement sur la préservation de l'environnement : répétition probable de l'histoire des pays industrialisés du Nord en cette matière, en cas de "laisser faire".

Deux faits majeurs domineront les avenirs possibles, quels que soient les scénarios :

– La part de l'agriculture irriguée parmi les utilisateurs d'eau est et demeurera longtemps prépondérante dans presque tous les pays. Pourtant, la part prise par la production agricole dans la formation du PNB tendra généralement à décroître à mesure du développement. Cela ne pourra pas ne pas peser sur les choix futurs d'allocation des ressources en eau. Pourra-t-on continuer à consacrer des ressources en eau rares, ou volontairement limitées du fait de réservations, à des utilisations à faible valeur ajoutée ? La question de la compatibilité des objectifs d'autosuffisance alimentaire avec le développement d'autres secteurs économiques et la satisfaction des demandes urbaines, aussi bien qu'avec la conservation des ressources, pourra difficilement être éludée dans certains pays. Faciliter et prolonger cette compatibilité sera précisément l'enjeu majeur des gains d'efficicacité de l'irrigation – produire plus avec moins d'eau – comme celui de l'expansion de la réutilisation agricole des eaux usées urbaines.

– La concentration des demandes et des conflits d'usage dans les zones littorales, qui tendront à accaparer une part croissante des ressources en eau des arrières-pays, facteur parmi d'autres de leur "désertification", tout en rendant plus difficiles les réutilisations, étant donné la part croissante des émissions finales déversées en mer. Cela contribuera à amplifier les déséquilibres entre les régions côtières et l'intérieur.

Néanmoins, les divers types de croissance économique et de politique d'environnement – incluant la politique de l'eau –, schématisés par les scénarios du Plan Bleu, ne sont pas sans conséquences sur les eaux continentales, ressources et milieux, même si ces conséquences ne sont pas de nature identique, ni perçues de la même manière – donc ne suscitent pas les mêmes réactions – suivant les types de situation que l'on vient de distinguer.

L'exercice de prospective a dessiné trois avenirs possibles :

(1) Une croissance économique faible ou nulle (scénario T2), amplifiant les contraintes budgétaires et minimisant les investissements, rendrait la pro-

gression des demandes en eau des usagers – notable surtout au Sud –, aussi bien que celle des demandes d'assainissement, difficiles à satisfaire : pénuries structurelles par déficiences d'équipement, baisse des volumes d'eau distribués *per capita*, stagnation voire diminution des taux de raccordement aux réseaux d'assainissement et des efficacités des épurations, faible progression des surfaces irriguées mais aussi des efforts de modernisation des modes d'irrigation génératrice d'économies d'eau. Cela tendrait à stabiliser les pressions en quantité sur les eaux du milieu, mais sacrifierait généralement les efforts d'assainissement et de protection, au Nord comme au Sud. Des extensions et des multiplications des dégradations locales de qualité, nombreuses surtout dans les pays industrialisés du Nord, en résulteraient.

(2) Une croissance plus forte (scénario T3) mais, comme souvent dans le passé, "sauvage" et sacrificatrice de l'environnement, satisferait mieux les demandes d'approvisionnement en eau grandissantes des usagers des divers secteurs économiques. Ceci se ferait surtout en intensifiant les aménagements classiques de maîtrise des eaux, en accentuant et en modernisant les opérations de traitement pour améliorer l'eau "produit fini", et en accroissant les sécurités d'approvisionnement et de défense contre les eaux, plutôt qu'en "aménageant les demandes" par des efforts qui seraient plus à la charge des usagers qu'à celle de la collectivité. Seules les économies d'eau immédiatement rentables pour les usagers et les opérateurs intermédiaires étant pratiquées, des gaspillages de quantité et de qualités grandiraient.

S'ensuivraient des pressions croissantes sur les ressources et le milieu, notamment avec des risques d'épuisement à moyen terme de certaines ressources en eau non renouvelables des pays du Sud. Des conflits d'usage pourraient néanmoins s'amplifier, surtout dans les régions à disponibilités en eau raréfiées des pays du Sud et plus généralement dans toutes les zones littorales. Ces conflits se produiraient tout particulièrement entre secteurs aux capacités économiques et socio-politiques inégales (notamment entre la desserte des villes et des installations touristiques en eau potable d'une part et l'irrigation d'autre part) pour le contrôle des ressources les plus accessibles. De même des compétitions pourraient s'accuser entre les utilisations d'eau servant les objectifs d'autosuffisance alimentaire et celles permettant des productions de biens ou services exportables de plus forte valeur ajoutée (agriculture spéculative, tourisme).

Mais les efforts d'assainissement et de protection des eaux ne suivraient pas au même rythme. Aussi la qualité des eaux du milieu (y compris des eaux marines littorales) se dégraderait en beaucoup de secteurs au Nord comme au Sud. Ces coûts externes seraient peu pris en compte, sauf en cas d'effets en retour sur les coûts de production d'eau potable, perçus alors comme nuisance plutôt que défaut de gestion du milieu. L'imputation des réparations de ces nuisances en vertu du principe du pollueur-payeur pourrait dégénérer en acquisition de "droits à polluer", réglant des conflits d'usage, mais au détriment de l'état du milieu.

Le scénario paraissant le meilleur au plan du développement serait ainsi le pire pour l'environnement.

(3) Une croissance économique moyenne à forte (scénario A), accompagnée d'une politique de sauvegarde de l'environnement plus active et volontaire, avec une gestion des ressources en eau plus communautaire et patrimoniale qui tempèrerait l'"acharnement hydraulique" des aménageurs, se traduirait par un meilleur équilibre entre :

– l'aménagement et la mobilisation des eaux du milieu, encadrés par l'institution de débits réservés et d'objectifs de qualité, et contrôlés par des autorités de gestion des ressources ayant les pouvoirs et les moyens de faire respecter ces objectifs ;

– et des adaptations ou aménagements des demandes, tant au plan des usages (économies d'eau, progrès d'efficacité, recyclage et réutilisations facilitant la coexistence des utilisations d'eau concurrentielles) qu'au plan des retours d'eau au milieu (efforts d'assainissement et d'épuration généralisés, améliorant la qualité des milieux aquatiques et abaissant du même coup les coûts de production d'eau potable).

De même, dans le cas particulier de la mobilisation des ressources en eau non renouvelables des régions sahariennes, une gestion plus "patrimoniale" conduirait à modérer les exploitations pour les faire durer plus longtemps.

Ces adaptations seront de toute façon nécessaires tôt ou tard dans les pays du Sud, mais plus tôt elles seront instaurées au Nord comme au Sud, moins la croissance se fera au détriment – en grande partie irréversible – de l'environnement. C'est seulement dans la mesure où ce sacrifice n'est pas comptabilisé que la croissance "sauvage" apparaît fallacieusement moins coûteuse...

Une planification régionale et nationale des aménagements et des utilisations des eaux, favorisant parfois des transferts inter-régionaux, ainsi que le développement de coopérations internationales valorisant des complémentarités (tant Nord/Sud que Sud/Sud) faciliteraient une telle orientation. En particulier, entre les transferts d'eau et les répartitions d'activités en fonction des ressources, un certain équilibre serait à rechercher. De même qu'entre la régulation des ressources par des aménagements techniques et d'autres voies économiques ou réglementaires permettant de compenser les aléas de la nature.

Finalement, à croissance égale, le choix majeur en matière de politique de l'eau et de l'environnement peut se résumer comme suit :

– ou bien laisser mûrir des conflits entre usagers concurrents, monter la tension entre l'ensemble de ceux-ci et la nature, en lui faisant "subventionner le développement" et en reportant à plus tard des arbitrages devenus plus difficiles et à des coûts aggravés ;

– ou bien accentuer dès à présent un effort de "convivialité", entre les ressources et les utilisations, en "empruntant" moins à la nature aujourd'hui pour alléger des charges récurrentes à long terme, et en y gagnant au total finalement.

Une "croissance zéro" des demandes primaires sollicitant les eaux du milieu – non seulement en les prélevant mais aussi en les chargeant d'assimiler et d'évacuer des déchets –, non incompatible avec une croissance des quantités d'eau en usage, s'imposera tôt ou tard, d'abord dans les pays du Sud. Mais plus tôt vaudra mieux pour l'état de l'environnement que plus

tard. Cela reviendra, en d'autres termes, à transférer à la sphère économique une partie des rôles de reproduction et de régénération des ressources actuellement dévolus à la nature et joués, en apparence, gratuitement du point de vue micro-économique des parties prenantes. Ce transfert sera d'autant plus nécessaire et urgent dans le cas où une évolution climatique entraînerait une raréfaction des ressources en eau naturelles. Les progrès techniques pourront d'ailleurs y aider.

Certes ce choix se présentera dans des termes différents selon que l'on se trouvera dans des conditions d'abondance ou de raréfaction de l'eau, de richesse ou de pauvreté économique. La hiérarchie des problèmes d'eau, les motivations de la préservation des eaux dans l'environnement et la sélection des éléments à préserver ne seront pas identiques. Mais des choix conscients seront partout préférables plutôt que de subir des situations de fait qui devraient être réparées après coup et qui pourraient même être irréversibles.

De tels choix devront s'appuyer :

– sur des analyses et des prospectives moins globales, plus régionalisées que celles présentées dans ce fascicule ; toutefois une subdivision territoriale plus fine, si elle permet des confrontations plus pertinentes entre les ressources offertes, l'état du milieu, et les demandes, se prête moins bien à des prospectives des demandes nécessairement macroscopiques ; aussi des régionalisations infra-nationales des scénarios du Plan Bleu seraient un préalable indispensable à un affinement spatial de la prospective des états du milieu en fonction du développement ;

– sur des procédures consensuelles d'adoption des niveaux de protection d'espaces aquatiques et de régime et de qualité des eaux à préserver, en somme d'objectifs de quantité et de qualité, tenant compte à la fois des eaux continentales, des zones humides et des eaux marines littorales.

2. Une meilleure gestion de l'eau

Dans les pays méditerranéens, la gestion de l'eau qui prévaut à présent est fondée sur de multiples gestions de fait, de nature parcellaire. La gestion intégrée, qui est indispensable, devra y passer du stade de la conception et des intentions à celui de la réalisation. Une telle gestion conjuguera de plus en plus la gestion des ressources – et plus largement celle des eaux du milieu – et celle des utilisations, en intégrant l'une et l'autre dans des unités de gestion physico-économiques appropriées permettant d'atteindre des objectifs communs et dotées de pouvoirs d'autorité *ad hoc*. L'avenir de la gestion de l'eau dans le bassin est donc à considérer au plan des législations, des institutions, des structures et des instruments. Elle reposera nécessairement sur une bonne formation et information des principaux acteurs.

2.1. Droit et législation des eaux

La prise de conscience croissante des solidarités de fait qui lient les différentes parties prenantes utilisatrices d'eau, aussi bien que la nécessité d'une assise juridique aux pouvoirs des autorités de gestion, devraient renforcer le

concept de l'eau *"res communis"* et donner primauté aux droits d'usage plutôt que d'appropriation. Ceci rapprocherait le droit à fondement musulman des pays du Sud et le droit romain des pays du Nord. A l'instar du droit des eaux depuis longtemps en vigueur dans les pays du Maghreb [1], le régime de domanialité publique généralisée institué par la récente loi des eaux d'Espagne (1986) est symptomatique de cette évolution. Les reconnaissances de "droits d'usage" devraient aussi être davantage tempérées par des limitations à terme et par la possibilité de leur révision, pour tenir compte des impératifs de protection des milieux et pour éviter que des usages établis ne conduisent à des gaspillages quand sont mises en œuvre des techniques d'économie d'eau, notamment dans l'irrigation.

Par ailleurs les détériorations de l'environnement, notamment de la qualité des eaux, devraient davantage être prises en considération dans les codes pénaux des divers pays.

Enfin des accords bi- ou multilatéraux entre pays, relatifs aux eaux "partagées" (fleuves, nappes souterraines transfrontières), qu'il s'agisse des quantités ou des qualités des eaux, devraient être recherchés.

2.2. *Institutions et structures de gestion*

Les institutions actuelles de gestion des eaux dans le bassin ont le plus souvent des missions sectorielles par rapport aux utilisations, ou partielles par rapport au milieu (gestion des eaux superficielles, des eaux souterraines...). Elles sont en outre le plus souvent adaptées à une seule fonction : application de la législation (administration ou police des eaux), investissement public ou collectif, pilotage d'ouvrage d'intérêt multiple... De ce fait, leurs territoires de compétence ne coïncident généralement pas. Ces situations reflètent les partages de compétence dans les structures étatiques en matière d'eau et *a fortiori* les spécialisations des structures collectives ou syndicales.

Malgré les pesanteurs structurelles et les groupements d'intérêts sectoriels, des institutions de gestion à missions décloisonnées eu égard à l'économie de l'eau et à champs de compétence mieux adaptés aux conditions physiques (et partant plus décentralisées), devraient être mises en place. Pour l'essentiel les unités de gestion les plus appropriées seront les bassins fluviaux, ce qui n'exclut pas des agrégats de petits bassins ni, à l'inverse, des subdivisions de grands bassins impliquant des systèmes de gestion étagés.

Les autorités de gestion devront être déchargées d'autres fonctions risquant d'affaiblir leur neutralité, et dotées de pouvoirs adéquats, qu'elles émanent de la puissance publique ou de délégation de collectivités d'usagers. Les parts respectives de l'une ou des autres dépendront des traditions et des évolutions socio-politiques de chaque pays. Selon les cas, la gestion autoritaire ou l'autogestion pourrait dominer, mais un alliage des deux sera généralement souhaitable.

---

1. Domanialité publique instituée en 1851 en Algérie, 1885 en Tunisie, 1914 au Maroc, par assimilation de ce concept du droit français à celui de bien affecté à l'utilité générale du droit musulman.

Une agence de l'eau : "Rhône-Méditerranée-Corse"

Une loi (1964) relative à la gestion et à la conservation de l'eau en France, actualisée en 1992, a créé six agences financières de bassin qui sont responsables au niveau d'un bassin hydrologique, ou d'un groupe de bassins, du financement d'actions d'intérêt public (principalement des investissements, mais aussi de l'exploitation d'installations, des activités de suivi et de recherche). Ces agences utilisent leurs ressources, provenant des redevances payées par les usagers et les pollueurs de l'eau. Leur conseil d'administration est composé de représentants de l'Etat, des collectivités territoriales, des secteurs agricoles et industriels ainsi que des autres usagers. Dans le cadre de leurs responsabilités spécifiques, elles exercent une influence décisive sur la politique de l'eau en France.

Ainsi l'agence "Rhône-Méditerranée-Corse" vient d'engager son sixième programme, qui couvre la période 1992-1996, et prévoit un budget de l'ordre d'un milliard de dollars provenant en majeure partie des redevances imposées au pollueurs, et consacré à des aides financières (subventions, avances et bonifications d'intérêt), pour la mobilisation de la ressource eau et surtout pour l'assainissement.

Cette agence a joué, de 1980 à 1991, un rôle déterminant dans l'assainissement du littoral méditerranéen français. Celui-ci, avec 1700 km de côtes et plus de 5 millions d'habitants (8 millions en période estivale), connaissait en 1980 un équipement en stations d'épuration nettement insuffisant ; la capacité cumulée des ouvrages n'atteignait pas 2 millions d'équivalents habitants (MEH). Face au caractère préoccupant de cette situation, les collectivités ont su réagir avec volontarisme : en dix ans, plus de 100 stations d'épuration ont été créées ou aménagées, portant la capacité épuratoire en service de 1,6 MEH à 6,1 MEH pour un coût total de 0,7 milliard de dollars. Les ouvrages les plus importants comprennent les stations d'épuration de Marseille (1,6 MEH), Nice (0,6 MEH), Antibes (0,18 MEH), Perpignan (0,16 MEH) et Ajaccio (0,08 MEH).

L'effort d'équipement contre la pollution par les rejets urbains ne s'est pas circonscrit au seul littoral puisque, sur l'ensemble du bassin versant méditerranéen français, la capacité des stations d'épuration en service a augmenté en une décennie de 65 % environ, passant globalement de 11 à 18 MEH. Désormais, environ 80 % de la population sur le littoral et sur l'ensemble du bassin versant méditerranéen français dispose d'une station d'épuration.

Cependant, trois types de problèmes demeurent, qui constitueront les points forts des actions à engager dans les années à venir :

– d'une part, achever l'équipement du littoral pour éliminer définitivement les "points noirs" que constituent les collectivités encore dépourvues d'ouvrages de dépollution. Ceci concerne essentiellement l'agglomération de Toulon (0,5 MEH), l'extrême-est du littoral, avec Menton : 0,1 MEH, Villefranche-sur-Mer : 0,06 MEH et Roquebrune-Cap Martin : 0,03 MEH, ainsi que le nord de la Corse (Calvi, Ile-Rousse et sud de Bastia) et certains points du littoral languedocien (Narbonne Plage). Compte-tenu de l'état d'avancement des prises de décision, voire des travaux déjà engagés, cet équipement devrait être totalement achevé d'ici 3 à 5 ans.

– d'autre part, d'ici 2000, améliorer la technologie mise en œuvre sur un certain nombre de stations existantes, afin d'en rendre les performances compatibles avec les nouvelles exigences européennes, en allant plus loin dans le traitement que l'élimination des matières en suspension (filières physico-chimiques).

– enfin, réaliser la pleine efficacité des investissements réalisés, en prenant plus directement en compte les risques résiduels de contaminations "accidentelles" du milieu marin, notamment en temps de pluie.

2.3. *Information technique pour la gestion*

L'information nécessaire aux décisions de gestion doit reposer sur des outils de connaissance et de prévision, dont les perfectionnements possibles et les extensions d'application ont été évoqués au chapitre 6. Les autorités de gestion, plus largement que celles de la seule "administration des eaux", auront besoin, pour fonder leurs décisions, d'informations plus denses et en temps plus réel sur les situations (état du milieu et utilisations, quantités et qualités), de même que de pronostics d'évolution à court et à long terme (notamment en simulant les effets prévisibles de décisions ou de non-décisions...). Cela implique une adaptation et une intégration croissantes des "systèmes d'information" sur l'eau. Il s'agit là des dispositifs de collecte de données (réseaux d'observation, enquêtes, déclarations des usagers, etc.), d'élaboration, de présentation et de conservation de ces données, de publications périodiques de la situation (notamment sous forme cartographique) et de "tableaux de bord". Cela implique aussi une diffusion accrue et un emploi plus général de simulateurs de gestion pour chaque système d'eau constituant une unité de gestion, simulateurs dont les "modèles de bassin" ou les modèles de système aquifère constituent l'infrastructure physique.

Pour toutes ces questions, une coopération intraméditerranéenne entre pays riverains peut permettre à la fois la diffusion des techniques et une économie des moyens à mettre en place.

2.4. *Les moyens réglementaires et financiers de gestion*

Il s'agit là des moyens dont disposent les autorités de gestion d'orienter les comportements des acteurs exploitant ou influençant indirectement les eaux du milieu pour obtenir que les résultats cumulés de leurs actes se rapprochent le plus possible des objectifs d'intérêt général ou collectif définis par la politique de l'eau. Ce sont des instruments de gestion indirects : moyens contraignants ou attractifs, réglementaires, financiers (incitations stimulantes ou dissuasives) ou informatifs. Ces instruments, incomplètement employés aujourd'hui et surtout inégalement coordonnés, devront être plus systématiquement appliqués, mieux conjugués et mis en œuvre par les mêmes autorités. Les plus appropriés sont :

– une généralisation de l'obligation de déclaration de prises et de rejets par les acteurs ;

– une expansion des régimes d'autorisation des prélèvements et des émissions, accompagnée de plus de flexibilité (possibilité de suspension, de révision en fonction des usages...) ;

– une extension des droits et des moyens de contrôle effectif de ces actes (police des eaux), y compris des efficacités d'usage ;

– une extension des redevances sur les prélèvements et sur les émissions de matières, assorties d'aides financières et techniques aux usagers [1] ;

---

1. cf. le système de redevances perçues par les Agences de bassin françaises, institué en 1964 et appliqué progressivement à partir de 1970 ; ou les redevances sur les déversements polluants instituées en Espagne en 1985 (sauf en Catalogne où elles sont intégrées dans une "redevance d'assainissement" depuis 1981) ; ou encore le système italien (1976 et 1979).

– des pressions sur les prix des eaux marchandes et les tarifications pour favoriser les économies d'eau, et aussi pour mieux assurer la prise en charge par les usagers des conséquences indirectes sur le milieu de l'utilisation des eaux (sans perdre de vue toutefois que les prix de l'eau, aussi bien que ceux du service d'assainissement, sont des instruments de gestion des agences qui fournissent ces services, avant d'être des instruments de gestion des ressources).

Par ailleurs, quelles que soient les bases institutionnelles des autorités de gestion des eaux – émanation de la puissance publique et/ou des collectivités d'acteurs parties prenantes – une communication plus intensive et dans les deux sens devra se développer entre ces autorités et les intéressés, impliquant des devoirs réciproques d'information. Une compréhension des co-responsabilités impliquées par les interactions entre les effets des différentes activités et des nécessités de fixer des objectifs communs, seront une condition essentielle de l'efficacité des mesures de gestion et de l'acceptation des disciplines imposées.

2.5. *Maîtrise des eaux*

Les moyens de maîtrise et de gestion directe des eaux du milieu par des opérateurs publics ou collectifs sont inégalement praticables suivant les régions, mais il serait souhaitable qu'ils entrent dans les attributions des mêmes autorités de gestion, lorsque leurs objectifs sont multiples ; celles-ci sont alors aussi des acteurs, notamment des maîtres d'ouvrage, mais non des usagers. Il s'agit pour l'essentiel des travaux publics hydrauliques classiques :

- Aménagements hydrauliques à but multiple (maîtrise des eaux superficielles surtout), tels que : barrages et réservoirs d'accumulation, barrages anti-sel d'estuaire, transferts d'eau inter-bassin (y compris des transferts importateurs ou exportateurs), opérations de recharge artificielle, de drainage... Ces travaux s'inscriront de plus en plus dans des "schémas" ou "plans directeurs" d'aménagement des ressources en eau multi-sectoriels, dont la conception et l'application sont dès à présent en expansion (par exemple en Espagne, dans les pays du Maghreb, en Egypte, en Turquie, à Chypre...).
- Gestion de ces ouvrages, notamment des réservoirs d'accumulation. Elle pourra comporter dans certains cas des opérations de gestion de la qualité par mélange d'eau de salinités différentes (exemple : en Tunisie).
- Entretien des cours d'eau (y compris des cours d'eau non domaniaux lorsque les propriétaires sont défaillants).
- Interventions de dépollution, qui pourraient requérir des moyens d'action organisés, analogues, par exemple, à ceux de la lutte contre les incendies de forêt...

2.6. *Information et formation*

La gestion des ressources en eau dans ses multiples aspects (métiers de l'eau), tout comme l'évolution nécessaire du comportement des divers acteurs et utilisateurs, ne pourra se développer de façon respectueuse de l'environnement que par un vigoureux effort de formation, de sensibilisation et d'échan-

ge d'information technique. La communauté des problèmes à résoudre, liée à des conditions géographiques et à un héritage historique partagés, doit amener les pays méditerranéens à une coopération plus étroite dans ces domaines, notamment entre le Nord et le Sud et l'Est du bassin.

L'Office International de l'Eau

Missions

Créé en 1991 avec l'appui des Agences financières de bassin et en coopération avec d'autres pays européens, l'Office International de l'Eau fusionne les moyens de l'Association Française pour l'Etude des Eaux, de la Fondation de l'Eau de Limoges et du Centre de Formation Internationale à la Gestion des Ressources en Eau (CEFIGRE) de Sophia-Antipolis.

Ses missions sont les suivantes : promouvoir et développer la formation à tous les niveaux et dans tous les domaines, sensibiliser les décideurs et les techniciens, stimuler l'échange d'expériences et la réflexion, diffuser la documentation et les références sur les approches et techniques novatrices, apporter des capacités d'expertise et d'évaluation. Il est ainsi amené à jouer un rôle dans le renforcement des capacités de nombreux pays dans le secteur de l'eau et de l'environnement.

Expertise et moyens

L'Office conduit des opérations sur mesure centrées sur le développement institutionnel : expertise, formation, développement de bases documentaires, échanges et transferts de technologies, animation de réseaux, ingénierie pédagogique...

Il offre aux décideurs et techniciens des métiers de l'eau un programme d'environ 20 sessions internationales de formation par an.

L'Office s'appuie sur des moyens humains, documentaires et technologiques adaptés, ainsi que sur l'expertise développée sur les sites de Limoges (Direction de la Formation et des Etudes et Direction de la Documentation et des Bases de Données) et de Sophia-Antipolis (Direction de la Coopération Internationale – CEFIGRE).

Mécanismes de concertation et de dialogue

L'Office est doté de mécanismes de concertation et de dialogue : d'une part des Conseils Régionaux d'Orientation, qui fournissent les directions et thèmes des actions prioritaires menées avec ses partenaires (pays, institutions régionales, organismes de coopération et de financement) et d'autre part, un Comité de Pilotage qui associe les partenaires financiers à la marche de l'Office. Il dispose d'un réseau d'experts de dimension internationale, de pays développés comme de pays en développement, et bénéficie en France d'un important potentiel d'expertise mobilisable à travers son Conseil Scientifique et Technique.

Domaines d'intervention

En tenant compte des spécificités de la région méditerranéenne et des autres régions où il exerce son activité et pour répondre aux attentes et besoins de la communauté internationale, l'Office International de l'Eau se mobilise autour des thèmes prioritaires suivants : aménagement et gestion intégrée des bassins versants, gestion des services urbains, prévention contre la pollution industrielle, eau agricole et rurale.

Source : Office International de l'Eau – Direction de la Coopération Internationale (CEFIGRE).

3. Une politique méditerranéenne de l'eau

Entre ce qui serait souhaitable et ce qui sera nécessaire la gestion des eaux à venir devra procéder d'une véritable politique de l'eau. Elle devra être plus affirmée et plus complète, à la fois voulue et acceptée. Il conviendra :

– Qu'elle gagne en unité. Le séparatisme devrait s'atténuer ou disparaître :
– entre la gestion des eaux superficielles et celle des eaux souterraines ;
– entre la gestion de la quantité (à laquelle on réduit encore trop souvent le concept de ressource) et celle des qualités ;
– entre les approvisionnements en eau et l'assainissement ;
– entre la gestion des ressources et celle des demandes.

– Qu'elle soit à la fois élargie, en couvrant plus complètement l'ensemble des filières d'utilisation et de leurs interactions avec le milieu, et plus décentralisée.

– Qu'elle soit plus planifiée, tout en étant plus participative (développement des approches consensuelles et des procédures contractuelles liant les droits et obligations respectives de l'Etat, des collectivités et des individus ou entreprises.

– Qu'elle soit davantage intégrée dans la planification économique générale.

– Qu'elle soit de plus en plus inséparable de la gestion de l'espace, de l'occupation des sols jusqu'à l'aménagement du territoire, donc coordonnée avec cette gestion-là.

Au plan de la maîtrise et de l'aménagement des eaux, un certain rééquilibrage devra s'instaurer entre la "grande hydraulique" et la "petite et moyenne hydraulique". La "politique des barrages" a certes encore un avenir dans les pays qui disposent d'un potentiel aménageable encore notable et qui auront besoin de l'employer (Espagne, Maghreb, Turquie, ...). De même, de grands transferts d'eau entre régions "excédentaires" et "déficitaires" d'un même pays seront réalisés. Ils ne pourront cependant compenser les grands déséquilibres hydrauliques que très partiellement, et même non durablement lorsqu'ils dépendront de régulations par des réservoirs en voie d'envasement (Maghreb) ou de l'exploitation de ressources non renouvelables (Libye). Aussi la revalorisation de la petite et moyenne hydraulique est-elle à l'ordre du jour, notamment au Maghreb, et promise à un rôle grandissant et stabilisateur dans la gestion des eaux.

Enfin un meilleur équilibre entre les objectifs de "valorisation" et de protection des eaux du milieu devra être instauré.

En résumé, la réalisation effective des objectifs de gestion des eaux implique :

– la mise en place de mécanismes d'internalisation des effets externes de l'utilisation des eaux, obligeant à les prendre en compte dans les processus de décision économique ;

– l'institution d'autorités de gestion des eaux dotées d'instruments juridiques et de moyens financiers appropriés, ayant à la fois les pouvoirs d'orienter et de coordonner l'aménagement et la conservation des eaux et ceux d'intervenir sur les utilisations ;

– le développement de systèmes d'information (réseaux de mesure, opérations de recensement périodiques, banques de données) assurant la fonction d'observatoire des ressources et des utilisations d'eau, et le renforcement des capacités d'analyse et de prévision (à court et à long terme) d'institutions d'études et de recherches spécialisées, au service des autorités de gestion et du public.

Les pesanteurs sociales s'ajoutant aux inerties de la nature, c'est surtout dans le long terme que des résultats significatifs peuvent être atteints. Aussi faut-il, dans une optique patrimoniale, les préparer par des actions engagées dès à présent et soutenues par des politiques de l'eau et de l'environnement persévérantes.

A cet égard, il y a lieu de saluer et de soutenir les engagements pris lors de la Conférence des ministres chargés de l'eau dans les pays du bassin méditerranéen à Alger en mai 1990, et qui figurent dans leur déclaration commune reproduite en Annexe 1. Seules en effet, une prise de conscience à tous les niveaux des enjeux de la gestion de l'eau dans le bassin, et une volonté politique effective des autorités nationales et locales, peuvent permettre de faire face aux redoutables choix qui s'annoncent dès maintenant et se multiplieront dans le proche avenir.

ANNEXE 1

Conférence des ministres chargés de l'eau des pays du bassin méditerranéen, Alger, 30 mai 1990[1] Déclaration commune

Les ministres chargés des problèmes de l'eau dans les pays du bassin méditerranéen ainsi que le représentant de la Commission des Communautés Européennes se sont réunis le 30 mai 1990 à Alger pour se concerter et examiner les conditions d'une démarche commune pour la maîtrise, le contrôle et la gestion de l'eau, afin de faire face ensemble aux enjeux de l'eau dans le futur. Ils ont pris connaissance des résultats et des recommandations du séminaire des experts.

A l'issue de leurs travaux, les ministres ont décidé d'adopter solennellement la déclaration commune suivante :

1. Les enjeux de l'eau

L'accroissement des populations sur la terre et particulièrement dans certaines régions du globe et la multiplication rapide de leurs besoins vitaux font que le prélèvement que l'homme opère sur les ressources en eau approche des limites qu'offre la nature.

Même les pays considérés comme riches en eau se trouvent aujourd'hui – et évidemment seront de plus en plus demain – confrontés à des dangers menaçant leurs ressources.

La communauté internationale à divers niveaux, mondial ou régional, et à plusieurs occasions, s'est interrogée sur la sécurité de l'approvisionnement en eau dans le futur. Des rencontres entre experts et planificateurs, des séminaires, de grandes conférences telles que celle de Mar del Plata en 1977 ont permis d'évaluer de mieux en mieux les ressources et les demandes futures, d'identifier les grandes menaces et de proposer des démarches et des solutions permettant de mieux utiliser l'eau et de retarder au maximum les échéances de ruptures.

Les évolutions climatiques que certains futurologues de la météorologie prédisent, devraient inciter à porter une plus grande attention encore à la gestion du futur hydraulique pour éviter aux générations prochaines des situations intolérables.

Les pays riverains de la Méditerranée sont loin de connaître les drames que vivent les pays du Sahel. Mais des situations de pénurie qui apparaissent – au sud du bassin comme au nord- viennent rappeler à tous que les ressources hydrauliques dans cette région du monde sont limitées, irrégulières, menacées et fragiles. De plus, l'essor démographique qui caractérise les pays du sud de la région et le développement de l'urbanisation et l'apparition de mégalopoles sur les deux bords de la Méditerranée, vont peser très tôt et très lourdement sur la consommation de la ressource.

La conscience des grands problèmes de l'eau d'aujourd'hui et de demain existe au niveau des responsables politiques de la région ; il s'agit de la partager avec le plus grand nombre, en particulier avec les usagers et les consommateurs eux-mêmes, afin que les solutions à trouver dans la mobilisation, la gestion et l'accroissement de la ressource soient trouvées et adoptées en commun, et acceptées par tous.

Les changements d'échelles qui s'annoncent dans la région imposent à tous les pays de se préparer pour les enjeux du siècle prochain. Pour cela, il est nécessaire :

– d'évaluer les ressources, les besoins des populations
– de définir les stratégies de réponses à ces besoins
– d'organiser la gestion des eaux destinées aux divers usages
– de préparer les solutions de remplacement lorsque les consommations dépassent les possibilités.

Autrement dit, bâtir des politiques à long terme d'exploitation et de gestion de l'eau. Ces politiques seront évidemment différenciées selon le pays en raison de l'importance des res-

---

1. A l'issue du Séminaire régional "Stratégies de gestion des eaux dans les pays méditerranéens, horizon 2010. Alger, 28-30 mai 1990, CCE/Gouvernement algérien/CEFIGRE.

sources, du niveau des demandes ou de la géographie, mais toutes elles s'articuleront et se développeront autour des mêmes actions de base, détaillées ci-après :

2. Evaluer les ressources et les besoins

La gestion de l'avenir commence aujourd'hui par la nécessaire connaissance des ressources hydrauliques disponibles et exploitables et par l'appréciation, au mieux, des besoins futurs et de leur développement.

Dans chaque pays, il faut savoir avec précision l'écoulement superficiel, bassin par bassin, déterminer toutes les possibilités d'aménagement, physiquement et économiquement faisables, évaluer les débits que l'on peut extraire des nappes souterraines et jusqu'à quelles limites.

Il faut, par ailleurs, faire des projections sur le long terme des demandes en eau potable des populations urbaines et rurales, des quantités d'eau dont les industries et les irrigations auront besoin, sans oublier les nécessaires débits à garantir pour l'évacuation des déchets ou pour la conservation de la qualité de l'environnement.

Il est donc recommandé de renforcer les moyens et les structures de collecte des données hydrauliques.

3. Economiser l'eau

La réduction des volumes d'eau exploitables est inscrite dans l'avenir du bassin méditerranéen. Retarder l'échéance de la rupture, tel est l'objectif premier.

3.1. Comment faire ? Tout d'abord éviter la surconsommation inutile et les pertes dans les systèmes de distribution.

3.2. Eviter – ou tout au moins réduire – les pertes de capacité de production des ouvrages d'exploitation : en effet, l'envasement des barrages peut annihiler en quelques décennies l'efficacité de ces aménagements.

3.3. De même, l'exploitation intensive et "minière" de grands aquifères captifs profonds, au renouvellement faible, devra autant que possible être évitée, sous peine d'épuiser les réserves ou du moins et à coup sûr rendre les conditions d'extraction de l'eau plus difficiles et plus chères.

3.4. La protection des eaux superficielles ou souterraines contre les risques de pollution devient une nécessité vitale pour la population.

3.5. Les économies d'eau, élément de toute politique méditerranéenne de gestion de l'eau, doivent être obtenues et maximisées par :

– les progrès des techniques de détection des fuites dans les réseaux d'eau,
– le recyclage d'eau systématique dans les processus industriels,
– les procédés d'irrigation les plus efficients (aspersion, goutte-à-goutte).

4. Protéger la ressource

Chaque pays doit veiller à la protection des eaux superficielles ou souterraines contre les risques de pollution. En effet, la détérioration de la qualité des nappes souterraines ou des rivières par des contaminations dues à des rejets industriels, urbains -ou plus inquiétant pour l'avenir- par les engrais, peut réduire dans une large mesure le patrimoine hydraulique d'une région, voire de tout un pays.

Une politique vigoureuse de lutte anti-pollution et de préservation de la ressource s'impose partout. Elle devrait comporter nécessairement les éléments suivants :

– établissement de normes de qualité
– contrôles permanents et rigoureux des qualités d'eau
– identification des points et des zones de contamination
– établissement de redevances et de taxes sur les rejets aux contrevenants à la réglementation en vue de la protection des ressources en eau
– multiplication des stations de traitement, d'épuration des eaux usées.

5. Améliorer la gestion des utilisations actuelles

Tous les pays de la région méditerranéenne doivent se doter de systèmes d'exploitation et de gestion rationnelle des distributions d'eau, en s'adaptant naturellement aux conditions politiques et sociales, aux habitudes et aux traditions locales.

Dans le domaine de l'eau potable, les sociétés publiques, privées ou d'autres concessionnaires devront se développer sur l'ensemble du pays concerné afin d'assurer l'approvisionnement des populations dans des conditions équitables et satisfaisantes. Elles devront aussi prendre en charge les problèmes d'assainissement urbain.

Dans le domaine des irrigations, le retard dans l'organisation des systèmes d'approvisionnement et de distribution aux cultivateurs est notable. Or c'est justement dans ce secteur -l'eau destinée à l'agriculture représente plus de 80 % de la consommation totale dans de nombreux pays- que s'imposent une plus grande rigueur et une plus grande efficience dans l'utilisation de l'eau.

Le système des "offices d'irrigation", responsables de la gestion des périmètres irrigués, a fait ses preuves. Il pourrait servir d'exemple.

Dans tous les cas, que ce soit pour l'eau domestique ou pour l'eau destinée à l'agriculture, les usagers doivent être associés -directement ou indirectement- à la responsabilité de la gestion des approvisionnements qui les concernent.

6. Mieux gérer l'eau au futur

La raréfaction des disponibilités en eau qui s'annonce dans les pays du bassin méditerranéen rend évidente la nécessité d'une gestion au niveau national des ressources hydrauliques. Les concurrences entre les usagers, au niveau national, se multiplient et se généralisent. Leur règlement exige des arbitrages pour l'affectation et l'allocation des ressources autant que pour leur préservation.

L'avenir de la gestion de l'eau dans les pays méditerranéens est à préparer sur des bases juridiques éventuellement rénovées et à organiser par la mise en place d'institutions, de structures et d'instruments adaptés.

La prise de conscience de la solidarité de fait entre les divers utilisateurs, et la nécessité d'asseoir juridiquement le pouvoir de l'autorité de gestion doivent renforcer le concept de "domanialité publique" de l'eau et l'instauration des "droits d'usages".

La gestion de l'eau dans les pays de la Méditerranée devra être :

– unitaire dans la mesure où elle englobera les eaux superficielles et les eaux souterraines, la gestion de la quantité et de la qualité, les approvisionnements en eau et l'assainissement, la gestion des ressources et celle des demandes,

– élargie et couvrant plus complètement l'ensemble des filières d'utilisation et de leurs interactions avec le milieu,

– planifiée tout en étant participative, assurant la participation active et conjointe de l'Etat, des collectivités locales et des usagers,

– intégrée dans la gestion de l'espace et coordonnée avec l'aménagement du territoire.

7. Pratiquer une politique de prix économique de l'eau

Le prix de l'eau doit jouer un rôle essentiel dans la régulation de la demande. Or les prix pratiqués dans les pays méditerranéens ne traduisent que très rarement les coûts de production de l'eau. Cette pratique ne favorise pas, bien au contraire, l'économie d'eau. Elle doit être abandonnée et ce d'autant que les coûts de production et d'assainissement vont nécessairement augmenter. Une révision des systèmes de tarification s'impose. Chaque pays doit décider en fonction de ses choix de développement économique de la répartition de la charge des coûts de mobilisation, transport, distribution, évacuation de l'eau, entre les divers usages -afin de peser sur telle consommation plutôt que telle autre. Cependant, il est essentiel que tous les utilisateurs de l'eau -agriculteurs, industriels, ménages- payent un prix pour l'eau qu'ils consomment, qui incite à l'économie d'eau et qui permette de couvrir l'ensemble des coûts de production et de distribution, y compris les charges financières, selon les conditions de chaque pays.

8. Eduquer, informer, former

Aucune politique de gestion de l'eau ne peut, évidemment, réussir sans la participation active des hommes chargés de la conduire ou l'exécuter, et celle des populations qui doivent en bénéficier.

L'adhésion et la participation des usagers à la gestion des ressources hydrauliques du pays sont indispensables, pour en assurer l'économie, la sauvegarde et un meilleur et plus équitable usage.

Les pays méditerranéens doivent accorder la priorité à la réalisation de programmes d'information et d'éducation de tous les usagers concernant l'utilisation, la protection et la conservation de l'eau à travers les médias, au moyen de campagnes appropriées et par l'intégration, au niveau scolaire, d'enseignements particuliers.

Les pays méditerranéens doivent par ailleurs, porter leurs efforts dans la formation d'un plus grand nombre de spécialistes, d'ingénieurs, de techniciens, d'exploitants, dans les divers domaines de l'utilisation de l'eau. Les techniques évoluent et deviennent plus complexes et la formation doit s'adapter à cette évolution pour répondre à cette exigence et aussi à celle du nombre de personnes à former ou à recycler ; il est nécessaire de développer, voire même de créer lorsqu'ils n'existent pas, des centres de formations spécialisées à un niveau régional ou sous-régional.

9. Préparer les ressources du futur

Plusieurs pays de la Méditerranée exploitent leurs potentiels en eau à concurrence de 50 à 100 %. Certains ont dépassé 100 % ou vont dépasser ce seuil d'ici la fin du siècle. Cela signifie que ces pays puisent dans des ressources non renouvelables – et qu'ils consomment ainsi leurs stocks. Avant l'année 2025, une dizaine de pays sera dans cette situation.

C'est dire l'importance et l'urgence pour tous les pays de chercher des solutions pour retarder les grandes ruptures d'approvisionnement qui s'annoncent bientôt, et pour passer sans trop de problèmes ces échéances.

Il faut donc, d'une part rationnaliser les prélèvements globaux actuels et futurs, et d'autre part se préoccuper de trouver d'autres ressources – conventionnelles ou non.

Ceci implique que soient lancés des programmes importants et communs de recherche et d'expérimentation dans le but de mettre à la disposition des usagers des eaux de bonne qualité extraites d'eaux usées traitées, d'eaux saumâtres ou d'eaux de mer.

S'agissant des ressources du futur, il faut signaler les risques de changements climatiques qui pourraient se traduire par une augmentation des températures, une réduction de la pluviométrie moyenne, mais surtout par une plus grande instabilité générale du climat en Méditerranée. Ce dernier phénomène induira une aridification plus grande, mais aussi des risques d'inondations catastrophiques. Les pays méditerranéens doivent s'associer à toutes les actions menées au plan mondial dans la lutte contre la désertification et la protection des populations et des biens contre les effets néfastes des grandes inondations.

10. Conclusions

Les pays méditerranéens :

10.1. expriment leur solidarité face aux grands défis de l'eau, actuels et futurs. Ils affirment leur volonté de faire face en commun, par la coopération et l'entraide, aux échéances de l'avenir au-delà desquelles les ressources en eau dont ils disposent ne seraient plus suffisantes.

10.2. souscrivent aux grandes lignes d'action développées ci-dessus et qui constituent la base de leur stratégie respective et de leur commune démarche pour la solution des problèmes de l'eau dans les meilleures conditions de qualité et de sécurité.

10.3. sont décidés :

– à développer, par l'échange d'informations et la concertation régulière, leurs connaissances et leurs évaluations des ressources disponibles et des besoins prévisibles ;

– à s'informer mutuellement sur les moyens mis en œuvre pour économiser l'eau, sur les instruments d'une meilleure gestion de la ressource et sur leur efficience ;

– à coopérer pour développer dans chacun des pays les moyens destinés à la protection des eaux contre les pollutions de toutes origines ;

– à coopérer activement aux recherches et aux expérimentations destinées au développement de ressources nouvelles, devant prendre le relais des ressources traditionnelles à la fin de ce siècle ;

– à promouvoir l'introduction et l'utilisation de techniques modernes d'irrigation.

10.4. Ils considèrent que toutes les actions qu'ils se proposent de mener séparément et en commun, doivent s'appuyer sur des programmes permanents d'éducation et d'information des usagers, de même que sur la formation des spécialistes et des gestionnaires de l'eau. Il est recommandé de développer les centres régionaux et sous-régionaux de formations spécialisées.

10.5. Les ressources naturelles hydrauliques en Méditerranée ne sont pas abondantes. Elles sont fragiles et menacées. Les méditerranéens doivent veiller en permanence à leur conservation, à leur développement et à leur meilleure utilisation.

Il est donc proposé de mettre en place un "Réseau" constitué par les institutions nationales et régionales, chargé du suivi et de la mise en œuvre des recommandations de la conférence d'Alger tenue les 28, 29 et 30 mai 1990. Ce réseau aura notamment pour buts :

– de collecter et diffuser les données sur les ressources conventionnelles en eau dans les pays du bassin, leurs évolutions et leurs utilisations ;

– d'attirer l'attention sur les dangers de pollution ;

– de diffuser les informations sur les techniques de production de ressources "nouvelles".

10.6. Enfin, les pays méditerranéens, considérant que l'évaluation permanente de la situation de l'eau dans leur région est importante et nécessaire, décident de se réunir périodiquement en "Conférence de l'Eau en Méditerranée" regroupant des techniciens, des gestionnaires, et des responsables politiques dans le domaine de l'eau.

La prochaine réunion est prévue en 1992.

ANNEXE 2
Glossaire des termes employés

Approvisionnements : Quantités d'eau fournies aux usagers desservis (par un système de distribution ou acquises par ceux qui exploitent directement la ressource (auto-approvisionnement).

Assainissement : Collecte des eaux usées, au service des usagers, par un réseau d'égouts relié ou non à une station d'épuration.

Besoins en eau : Quantités d'eau de qualité adéquate nécessaires aux différentes activités humaines (alimentation humaine et animale, productions industrielles, irrigation...) définissables selon des normes à des fins surtout de prévision, indépendamment des capacités technico-économiques, de la rareté ou de la surabondance des offres d'eau qui peuvent rendre les demandes d'approvisionnement inférieures (pénurie) ou supérieures (gaspillage) aux besoins théoriques.

Consommations nettes ou finales : Quantités d'eau utilisées non restituées après usage aux eaux continentales : eaux évaporées ou transpirées par les usages et eaux usées déversées en mer ou évacuées dans des aires d'évaporation.

NB : "Consommation" est pris souvent dans le sens d'approvisionnement, par opposition classique à "production", par les professionnels des distributions d'eau potable aux usagers "consommateurs".

Par rapport aux ressources naturelles, les consommations nettes sont la différence entre les prélèvements et les restitutions, dans un territoire défini.

DBO : Demande biologique en oxygène.

Demande en eau :

– Rapportée à l'eau du milieu naturel et confrontée à la ressource offerte, c'est la *demande de prélèvement*, engendrée par les demandes d'approvisionnement qu'elle vise à satisfaire en tout ou partie.

– Rapportée aux usagers dont elle émane, c'est la *demande d'approvisionnement*, sectorielle pour un secteur d'utilisation donné, ou globalisée pour l'ensemble des secteurs. Elle s'adresse soit à des fournisseurs intermédiaires (producteurs-distributeurs d'eau), soit directement au milieu naturel si les usagers s'auto-approvisionnent.

Cette demande peut être inférieure (en quantité) à la demande de prélèvement des producteurs intermédiaires du fait des pertes de distribution qu'ils doivent prendre en compte. Elle peut au contraire être supérieure à la demande de prélèvement lorsqu'elle est satisfaite en partie par d'autres sources d'approvisionnement que les ressources naturelles (ressources non conventionnelles, réutilisation d'eau usée), ou encore par des importations d'eau en provenance des ressources d'un autre territoire que celui offrant la ressource sollicitée par les prélèvements.

La demande d'approvisionnement en eau totale est alors la somme des demandes qui s'adressent à ces différentes sources d'approvisionnement offertes.

Desserte : Distribution d'eau à des usagers de tout secteur (domestique, industriel, agricole...) branchés sur un réseau (d'eau potable, d'eau industrielle, d'irrigation).

Déstockage : Extraction d'une partie de la réserve d'une nappe souterraine correspondant à l'exploitation volontaire ou non de la ressource non renouvelable. Diminution de volume d'eau de la nappe résultante, pendant une durée définie.

Disponibilités : Part des ressources en eau naturelles (ou exploitables suivant des critères définis) non exploitées et utilisées à un stade donné. Suivant l'échelle à laquelle on se place, les disponibilités en eau correspondent :

– soit localement au solde ressource – prélèvement,

– soit globalement au solde ressource – consommation finale.

Ecoulement : Quantité d'eau débitée pendant une durée définie par un cours d'eau drainant un bassin délimité *(écoulement superficiel)* ou par une nappe souterraine *(écoulement souterrain)*.

L'*écoulement potentiel*, ou capacité de "génération" d'écoulement d'un territoire donné en fonction des précipitations reçues et des conditions de terrain, est égal à l'écoulement

naturel débité – sur une durée assez longue – en zone humide. Il peut être supérieur à l'écoulement débité de bassins assez étendus en zone aride ou semi-aride du fait de la déperdition par évaporation d'une partie des écoulements formés localement.

L'écoulement est dit *naturel* tant qu'il n'est pas modifié sensiblement par les aménagements et les utilisations humaines, notamment tant que les consommations finales dans le bassin considéré sont négligeables. Dans le cas contraire, l'écoulement observé est dit réel et on doit lui ajouter les consommations finales estimées pour calculer l'écoulement naturel.

Par rapport à un territoire délimité par des frontières administratives ou politiques, on distingue :

– *L'écoulement interne* correspondant à l'écoulement potentiel formé sur le territoire,

– *L'écoulement externe* provenant de fleuves ou de nappes souterraines affluant de territoires voisins,

– *L'écoulement total* est la somme des deux, rapportée au territoire considéré.

Emissions finales : Quantités de matières transportées par les restitutions d'eau usée.

Epuration : Traitement d'eaux usées collectées par l'assainissement pour diminuer leur charge polluante avant retour dans le milieu naturel, donc pour réduire les émissions finales.

Evapotranspiration : Toutes émissions de vapeur d'eau vers l'atmosphère : évaporation du sol et des plans d'eau, transpiration des plantes (notamment des cultures irriguées) et des animaux.

L'évapotranspiration réelle est la quantité d'eau effectivement émise par un territoire pendant une durée donnée (terme du "bilan d'eau"ou budget en eau d'un bassin).

L'évapotranspiration potentielle est le pouvoir évaporateur de l'atmosphère en fonction de la température, du vent, etc. : c'est le maximum théorique possible de l'évapotranspiration réelle.

Exploitation (des ressources en eau) : Tout acte de prise, de captage d'eau superficielle ou souterraine, ou encore d'évaporation provoquée par les aménagements (retenues), et de sollicitation des capacités d'auto-épuration des eaux du milieu par les restitutions.

Flux : Volume d'eau rapporté à une unité de temps : m^3 par an, par exemple. Tout écoulement s'exprime en flux : écoulement naturel formant des ressources en eau renouvelables, écoulement régularisé par un aménagement, de même que les demandes en eau, les prélèvements, les consommations, les rejets et les restitutions.

Flux moyen : Volume d'eau rapporté à une durée assez longue, pluri-annuelle en général, exprimé par unité de temps.

Indice de consommation finale : Ratio de flux : consommation finale rapportée aux ressources renouvelables (pour un territoire défini).

Indice d'exploitation : Ratio de flux : prélèvements en eau totaux rapportés aux ressources renouvelables (pour un territoire défini).

MDT : Matières dissoutes totales.

MES : Matières en suspension.

MO : Matières oxydables.

Potentiels hydroélectriques :

– Le *potentiel brut* ou sauvage est la puissance hydraulique théorique maximale déterminée par l'écoulement et les dénivellations totales dans un cours d'eau ou l'ensemble des cours d'eau d'un bassin.

– Le *potentiel exploitable* est la part du potentiel brut non soumise à des contraintes pratiques ou économiques empêchant la réalisation d'équipements.

Précipitations efficaces : Part des précipitations (pluies, neiges...), qui échappe à l'évapotranspiration et engendre un écoulement superficiel ou souterrain : équivaut à l'écoulement potentiel.

Prélèvements en eau : Quantités d'eau prises au milieu naturel et détournées dans les circuits d'utilisation, exprimées en flux momentanés ou moyens.

Production d'eau : Ensemble des opérations de prélèvement, de relèvement et de traitement d'eau, réalisées par un agent exploitant, producteur-distributeur, mais non usager. S'applique plus particulièrement à la production d'eau potable.

Recyclage : Circulation d'eau en circuit fermé dans une installation d'usage, où seuls les fuites ou les rejets obligés sont à compenser par des approvisionnements d'appoint. Un même volume d'eau entré en usage sert plusieurs fois.

Rejets : Quantités d'eau usée et de matières dissoutes ou en suspension contenues par elle (charge rejetée) émises par un usager ou un ensemble d'usagers, exprimées en flux d'eau et en flux de matières.

Leur collecte, plus ou moins complète, est l'objet de l'assainissement. Leur part non collectée se confond avec les restitutions d'eau et les émissions finales de matières au milieu naturel.

Rendement de distribution : Proportion des quantités d'eau mises en distribution dans un réseau, livrées effectivement aux usagers desservis, compte-tenu des pertes et des "décharges" techniques nécessaires :

$$\frac{\text{volume livré (approvisionnements)}}{\text{volume produit (prélèvements)}} \times 100$$

S'applique aux réseaux de distribution d'eau potable ou d'irrigation.

Ressources en eau : Eaux du milieu naturel évaluées en quantités et en qualités suivant les critères d'utilisation : "offre" comparée aux demandes.

Différentes distinctions sont courantes et peuvent se croiser :

– Les *ressources en eau naturelles,* dites aussi *théoriques,* sont définies seulement par les écoulements (flux) et les réserves (stocks) d'eau existant dans un territoire défini.

– Les *ressources renouvelables* sont les écoulements superficiels et souterrains. Elles sont globales lorsqu'elles sont chiffrées (en quantité) en extrapolant les données d'observation à toute l'étendue du territoire et totales lorsqu'elles totalisent les écoulements internes et externes, sans distinction de milieu, de circulation (eaux souterraines et superficielles), ni de régime.

– Les *ressources renouvelables régulières* sont les écoulements minimaux qui existent la plus grande partie du temps (de grande "fréquence d'occurence" : par exemple garantis 95 % du temps, ou des écoulements annuels réalisés au moins 19 années sur 20...). Elles sont formées pour l'essentiel par les écoulements souterrains et les écoulements superficiels minimaux de "basses-eaux" entretenus par les premiers. Elles peuvent être internes ou externes.

– Les *ressources non renouvelables* sont les volumes d'eau que le déstockage pourrait produire temporairement : ceux de "réserves" d'eau souterraine essentiellement.

– Les *ressources conventionnelles* sont l'ensemble des ressources renouvelables et non renouvelables considérées généralement suivant des critères d'exploitabilité technico-économiques.

– Les *ressources non conventionnelles* sont offertes par des modes de production d'eau n'exploitant pas directement les eaux douces du milieu naturel : dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre, traitement d'eau usée permettant sa réutilisation.

Restitutions : Quantités d'eau retournées au milieu naturel après usages, donc d'eau usée de qualité plus ou moins dégradée suivant le degré de son épuration : terme complémentaire des consommations finales dans le bilan d'utilisation. Dans le cas d'usager non raccordé à l'assainissement, les restitutions sont égales et identiques à ses rejets.

Stock : Volume d'eau, soit dans le milieu naturel (réserve d'un aquifère, volume d'un lac), soit créé par l'aménagement (retenue de barrage), définissable à un moment donné ou en moyenne.

Taux :

Taux d'auto-approvisionnement : Proportion de l'approvisionnement en eau d'un agent ou d'un secteur d'utilisation satisfaite par exploitation directe de la ressource, et non par desserte.

Taux de consommation par les usagers : Proportion de la quantité d'eau entrée en usage qui est évapotranspirée ou incorporée au produit.

Taux de desserte : Proportion du nombre potentiel d'usagers, notamment de la population s'il s'agit d'approvisionnement en eau potable, desservie par un réseau de distribution.

Taux d'épuration interne : Proportion de la charge polluante totale produite par un usager, notamment industriel, soustraite par sa propre action d'épuration avant rejet.

Taux d'exploitabilité : Proportion de la ressource en eau naturelle estimée "exploitable" suivant des critères pratiques ou technico-économiques relatifs à un ensemble d'utilisateurs.

Taux de raccordement : Proportion du nombre d'usagers d'une agglomération ou d'un secteur d'utilisation raccordée à un réseau d'assainissement.

Taux de recyclage interne : Proportion de la différence entre le flux en circulation qu dans un circuit d'usage et le flux d'appoint qa entré, rapportée au flux en circulation :

$$\frac{qu - qa}{qu} \times 100$$

Taux de traitement d'épuration : Proportion du flux de matières porté par l'eau usée retirée par traitement dans une station d'épuration : c'est le rendement d'épuration.

Utilisations d'eau : Ensemble des opérations de prélèvement (production, distribution ou auto-approvisionnement), d'usages, de rejets, d'assainissement, d'épuration et de restitution réalisées par les différents acteurs économiques, "producteurs" ou "consommateurs" pour atteindre leurs objectifs.

Leur enchaînement continu forme le circuit d'utilisation branché par les deux bouts – et en partie à des étapes intermédiaires, par les pertes et fuites – au milieu naturel.

Leur quantification et leur mise en équation sont traduites par un bilan d'utilisation :

prélèvements = pertes + approvisionnements
= consommations par les usages + rejets et restitutions

Référence principale : ERHARD-CASSEGRAIN A.& MARGAT J. (1983), *Introduction à l'économie générale de l'eau*, Masson, Paris.

ANNEXE 3
Références principales

AIRE (1985). *Water resources for rural areas and their communities.* Proc. 5th. world congress on water resources, Assoc. Intern. Ressources Eau (IWRA) (Bruxelles, June), 3 vol., 1727 p., Bruxelles.

Anonyme (1985). The use of non-conventional water resources in developing countries. *Natur. Res., Water Series,* 14, 278 p., UN/New York.

Arlosoroff S. (1984). *Water management Policies under scarce conditions. A case-study : Israël.* Conference Water for the 21st Century : Will it be there ? (Dallas, April).

Attia H. (1985). Hydraulique étatique, hydraulique paysanne : l'exemple de la Tunisie centrale. *La politique de l'eau en Afrique,* Economica, pp. 700-705, Paris.

Balkema A.A., Ed. (1987). *Water for the future. Water resources developments in perspective.* Proceedings I.A.R.H. Internat. Sympos. (Rome, April), 703 p., Rotterdam/Boston.

Banque Mondiale & Banque Européenne d'Investissement (1990). *Programme pour l'environnement dans la Méditerranée.* BM & BEI, 105 p, Washington.

Benedini M. (1987). *I problemi attuale delle acque in Italia.* Edagricole, 51 p., Bologna.

Ben Osman M.E. (1967). *The problem of water in Tunisia.* Intern. Conference Water for Peace, (Washington DC), Doc. 23, 11 p.

Bonifacio F. (1987). Mediterranean area : experiences with shipping fresh water. Proceedings interreg. seminar "Non conventional water resources use in developing countries", (Willemstad., Curacao, Netherlands Antilles -1985). *Natur. Res., Water Series,* 22, pp. 451-454, UN/New York.

Bouderbala N., Pascon P. *et al.* (1984). *La question hydraulique. 1. Petite et moyenne hydraulique au Maroc.* Inst. agron. et vétér. Hassan II Pub., 397 p., Maroc.

Bower B.T. (1977). Water resources management and the choice of technology. *Natural Resources Forum,* Vol. 1, 2, pp. 119-129, D. Reidel Publ., UN/New York.

Brewster M.R., Buros O.K. (1985). Non-conventional water resources economics and experiences in developing countries. *Natural Resources Forum,* Vol. 9, 1, pp. 65-75 et Vol. 9, 2, pp. 134-142, UN/New York.

Bunting A.H. (1987). Irrigation in Africa's agricultural future. *CID Bull.,* Vol. 36, 2, pp. 12-23, New-Delhi.

CEMPE & CEFIGRE, Eds (1982). Actes de la 4e conf. intern. sur la planification et la gestion des eaux, Mai, (Marseille). Vol. I & II. *Bull. BRGM,* III, 3/4, pp. 227-337, Orléans.

Chabrol D., Criqui P. (1976). Eléments pour une nouvelle approche de la gestion de l'eau dans les pays méditerranéens. *Options méditerranéennes,* 31, pp. 90-98, Paris.

CIFOPE (1987). *Les politiques énergétiques à moyen et long terme dans les pays du bassin méditerranéen.* Séminaire – Atelier, Centre internat. format. politique énergét. (CIFOPE), 7-9 oct, Sophia-Antipolis.

CNRS (1985). *Prospectives 2005 – Explorations de l'avenir.* Coll. Commis. gén. Plan/CNRS, Nov., Economica, 487 p., Paris.

Custodio E., Ed. (1987). Groundwater problems in coastal areas. *Studies & Reports in Hydrology,* 45, UNESCO, 596 p., Paris.

Davis G.H., Ed. (1985). Water and energy : demand and effects. *Studies & Reports in Hydrology,* 42, UNESCO, 129 p., Paris.

Davy L. (1989). L'eau atout ou limite au développement. *La CEE méditerranéenne,* SEDES, pp. 93-139, Paris.

El Amani S. (1983). Une nouvelle conception des aménagements hydrauliques en Tunisie. *Impact, Science et Société,* n° 1 "La gestion de nos ressources en eau douce", pp. 61-70, UNESCO, Paris.

El Gindy S. (1985). Egypt : reuse of drainage water in irrigation. Proceedings of. interreg. seminar "Non conventional water resources use in developing countries", (Willemstad. Curacao, Netherlands Antilles). *Natur. Res., Water Series,* 22, pp. 504-510, UN/New York.

Erhard-Cassegrain A., Margat J. (1978). *Rationalité schizophrénique et utilisation des ressources en eau.* CEFIGRE, Sémin. intern. sur l'utilisation rationnelle de l'eau, (Cannes,

Décembre 1978) & NU/CEE Sémin. sur l'utilisation rationnelle des ressources en eau, (Leipzig, Sepembre 1979), UN/Genève/New York.
Erhard-Cassegrain A., Margat J. (1983). *Introduction à l'économie générale de l'eau.* Masson, 361 p., Paris.
Fahmy S.H. (1985). Egypt water master plan. Institutional building for decision making. *IWRA, 5th World congress on water resources "Water resources for rural areas and their communities"*, (Bruxelles, Juin), Vol. 2, pp. 759-768, Bruxelles.
Falkenmark M. (1986). Fresh water – Time for a modified approach. *Ambio*, Vol. 15, 4, pp. 192-200, Stockholm.
Falkenmark M., Da Cunha L., David L. (1987). New water management strategies needed for the 21st Century. *Water international*, 12, pp. 94-101.
FAO (1977). *Agricultural land as a source of pollutants to Mediterranean.* FAO final report on the Project "Pollutants from land based sources in the Mediterranean" (MED X), UNEP/ECE, FAO, IAEA, UNESCO, UNIDO, WHO, n° 0503-76-01, Rome.
FAO (1977). Food, Agriculture and the Environment in the Mediterranean basin. *Ambio*, Vol. 6, 6, pp. 368-370, Stockholm.
Framji K.K., Garb B.C., Luthra S.D.L., Eds. (1981-1983). *L'irrigation et le drainage dans le monde. Une revue globale.* Intern. Comm. Irrigation & Drainage, 3e édition, 3 vol., 1667 p., New Delhi.
Gana F. (1981). Ressource-emploi de l'eau en Tunisie Horizon 2000. Ressources en eau. Bilan moyen terme. *Rev. tunis. de l'Equipement*, 38, pp. 66-89, Tunis.
Glantz M.H., Wigley T.M.L. (1987). Climatic variations and their effects on water resources. *Resources and world development*, D.J. MacLaren & B.J. Skinner, Eds., John Wiley & Sons Ltd, pp. 625-641, Londres.
Gleick P.H. (1987) Regional hydrologic consequences of increases in atmospheric CO_2 and other trace gases. *Climate Change*, 10, pp. 137-161.
Grenon M. (1987). Perspectives énergétiques dans le bassin méditerranéen. *Rev. de l'énergie, 395, pp. 421-428, Paris.*
Grenon M., Batisse M. (1989). *Le Plan Bleu : avenirs du bassin méditerranéen.* Economica, 442 p., Paris.
Higgins G.M., Kassem A.H., Naiken L., Fischer G., Shah M.M. (1982). *Potential population supporting capacities of lands in the developing world.* Technical report of project "Land Resources for the Populations of the Future", FAO/IIASA/UNFPA, FAO Ed., Rome.
Hufschmidt M.M. (1985). Adding an environmental dimension to comprehensive water resources management in developing countries. *IWRA Vth Cong. on water resources "Water resources for rural areas and their communities"*, (Bruxelles, Juin), Vol. 2, pp. 913-922, Bruxelles.
Juhasz F. (1988). The role of water pricing in water resource management. *Actes coll. "Coût et prix de l'eau en ville"*, Ec. Nat. Ponts & Ch., (Paris, Octobre), pp. 413-141, Paris.
Kindler J., Russel C.S., Eds. (1984). *Modeling water demands.* Academic Press, London.
Klemes V. (1985). Sensivity of water resources systems to climate variations. *World Climate Programme*, 98, 17 p., WMO, Genève.
Labonne M., Royer J., de Carmentran B. et al. (1986). *Perspective du système agro-alimentaire et environnement en Méditerranée.* Plan Bleu, Rapport préliminaire, 3 vol., 101 p., Sophia-Antipolis.
Laroussi Ch. (1985). La gestion de l'eau en Tunisie. *IWRA Vth Cong. on water resources "Water resources for rural areas and their communities"*, (Bruxelles, Juin), Vol. 2, pp. 1307-1315, Bruxelles.
Llamas Madurga M.R. (1975). Hacia una politica hidraulica sin hydroesquizofrenia. *Conf. nat. sobre hidrol. gen. y applic.*, Zaragoza (Espagne).
Louati H. (1992. *Le Plan Directeur de l'utilisation des eaux du nord.* Ministère de l'Agriculture, Direction des études et des travaux hydrauliques. Tunis.
Margat J. (1987). Les trois stades de l'économie de l'eau. *Proceedings of the Symposium on Water for the future : hydrology in perspective* (Rome, Avril), IAHS Publ., 164, pp. 47-51.
Margat J. (1988). *La ressource en eau dans les pays du Maghreb. Les spécificités qui conditionnent sa connaissance, sa maîtrise et sa gestion.* Sémin. "Eau-formation-développement", Conf. Atelier n° 1, Fond. Eau, (Tunis, Octobre). Doc. BRGM 88 SGN 910 3E, 18 p., Orléans.

Margat J. (1990). *Prospective des besoins et des ressources en eau des pays méditerranéens.* Contributions du Plan Bleu. Séminaire régional "Stratégies de gestion des eaux dans les pays méditerranéennes, horizon 2010". (Alger, mai 1990), CCE/Gouvernement algérien/CEFIGRE, 29 p.

Miloradov M., Djordjevic B. (1977). *Water resources, needs and water management planning in Yugoslavia.* UN Water Conf., Doc. E/CONF. 70/TP 58 du 11/10/1976, (Mar del Plata).

Mintzker N. (1987). *Water in Israël. Towards the future.* Collection "Scénarios du Plan Bleu", TAHAL (Tel Aviv) et Plan Bleu, (Sophia-Antipolis).

MOPU (1980). *El agua in Espana.* Minist. Obras Publicas y Urbanismo, Centro de Estudios Hidrograficos, 58 p., Madrid.

MOPU (1982). Politica hidraulica y planificacion hidrologica nacional. *Bol. de inform. Minist. Obr. Pub. y Urb.*, 296-297, pp. 9-32, Madrid.

Nemec J., Shaake J. (1982). Sensivity of water resource system to climate variation. *Hydrologic Sciences Journal,* Vol. 27, 3, pp. 327-343.

OMS (1982). Evaluation rapide des sources de pollution de l'air, de l'eau et du sol. *OMS Publ.,* 62, 101 p., Genève.

Pallas Ph. (1980). Water resources of the Socialist People's Libyan Jamahiriya, *The Geology of Libya, II, Part 4 (Hydrogeology).* 2e Symp. Geol. (Tripoli, Septembre 1978), pp. 539-594, . Al Fateh Univ., Tripoli & London Acad. Press Inc., London.

Pérennes J.J. (1986). La politique hydro-agricole de l'Algérie. Données actuelles et principales contraintes. *Monde arabe, Maghreb, Machrek,* 111, pp. 57-76, Paris.

Pérennes J.J. (1988). La politique de l'eau en Tunisie. *Monde arabe, Maghreb, Machrek,* 120, pp. 23-41, Paris.

PNUE/PAM (1990). *Chaud et sec. Le climat méditerranéen au vingt-et-unième siècle.* Unité de Coordination du Plan d'Action pour la Méditerranée, 48 p., Athènes.

PNUE/PAM/FAO (1991). *Directives environnementales pour la réutilisation des eaux usées urbaines dans la région méditerranéenne.* PAP Pub., 151 p., Split.

Postel S. (1984). Water : rethinking management in an age of scarcity. *Worldwatch Paper,* 62, 65 p., Washington.

Shuval H.I. (1987). The development of water reuse in Israël. *Ambio,* Vol. 16, 4, pp. 186-190, Stockholm.

Theodosiou S.A. (1986). Development of non-conventional water sources in Cyprus. *Natural Resources Forum,* Vol. 10, 3, pp. 299-301, UN/New-York.

Tsarikis E., Ed. (1984). *Water in the year 2000.* Proceedings of the 5th intern. conf. on water resources planning and management, (Athènes), UN/CEMPE, Athènes.

UNESCO (1970). *Recherche et formation en matière d'irrigation avec des eaux salées en Tunisie.* UNESCO, Paris.

UNESCO (1978). Bilan d'eau du monde et ressources en eau de la Terre. *Etudes et rapports en hydrologie,* 25, UNESCO, Paris.

UNESCO (1982). *Hydrological aspects of water supply and waste water disposal in coastal urban areas and tourist sites in the Mediterranean area.* Intern. Sympos. Nicosia (Cyprus), UNESCO, Paris.

UNESCO (1983). La gestion de nos ressources en eau douce. *Impact, Science et société,* 1, UNESCO, Paris.

UNESCO (1985). Methods of hydrological computation for water projects. *Studies and reports in hydrology,* 38, UNESCO/IHP, 122 p., Paris.

UNESCO (1987). Groundwater problems in coastal areas. *Studies and reports in hydrology,* 45, UNESCO/IHP, 596 p., Paris.

Valiron F., Ed. (1983). *La réutilisation des eaux usées.* BRGM Tec. Publ. Doc., Lavoisier, 208 p., Paris.

Valiron F. (1984). *Gestion des eaux.* Presse ENPC, 343 p., Paris.

Widstrand C., Ed. (1980). *Water and society : conflicts in development. Part. 2, Water conflicts and research priorities.* Pergamon Press, 199 p., Oxford.

WMO (1987). *Water resources and climate change : sensitivity of water-resource systems to climate change.* World Climate Programme Meeting (Norwich, noembred. 1987), WMO/TD n° 247, 51 p., Genève.

World Resources Institute (1990). *World Resources 1990-1991.* WRI, Oxford University Press, New York & Oxford.

Collectif (1983). *Groundwater protection.* Strategies and practices. Semin. UN/ECE, (Athènes, Octobre), 501 p., Ministry Energy & Nat. Res. Publ., Athènes.

Collectif (1985). *Séminaire maghrébin sur la recharge artificielle des nappes d'eau souterraine.* PNUD/Minist. Equip. Maroc, dans le cadre du projet OPE-RAB/80/011 – "Ressources en eau dans les pays de l'Afrique du Nord" – (Rabat, Février), Rabat.

Collectif (1985). *Non-conventional water resources use in developing countries.* UN/DTCD Interreg. Semin., (Willemstad, Curacao, Netherlands Antilles). Also in *Natur. Res. /Water Series,* 22 (1987), 515 p., UN/New-York.

Collectif (1988). *Actes du 4e sympos. intern. sur l'analyse des systèmes appliquée à la gestion des ressources en eau.* Féd. intern. contrôle automat. /Administr. Hydraulique Maroc, (Rabat, Octobre), 2 vol., 588 p., Rabat.

Collectif (1988). La gestion de l'eau en France. *Ann. Mines,* 7/8, 148 p., Paris.

Collectif (1990). *Stratégies de gestion des eaux dans les pays méditerranéens, horizon 2010.* Actes du Colloque d'Alger, 28-30 mai, CCE/Gouvern. algérien/CEFIGRE, 29 p.

ANNEXE 4
Quelques adresses utiles

Albanie

Services officiels

Institut d'Hydrométéorologie
Académie des Sciences
Kruga Kongresi i Permetit, Tirana.

Algérie

Services officiels

Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH)
40, Av. Mohammedi, Clairbois, Bir Mourad Raïs, Alger.

Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (ANPE)
BP 62 La Marsa, Boumerdes, 35320 Alger.

Institut national des sols, de l'irrigation et du drainage
12, Bd Cl Amirouche, BP 508, Alger gare.

Agence Nationale de l'Eau Potable (ANEP)
Alger.

Agence Nationale des Barrages (A.N.B.)
Alger.

Entreprise de Production et de Distribution d'Eau d'Alger (EPEAL)
27, Parc Ben Omar, BP 249 Kouba, Alger.

Chypre

Services officiels

Ministry of Agriculture and Natural Ressources
Water Development Department
Aeolan, 13, Nicosia

Egypte

Services officiels

Ministère de l'Agriculture
Ministry of Agriculture Street, Dokki, Le Caire.

Ministère du Plan. Département de l'Irrigation
Nars City, Le Caire.

Ministère des Travaux Publics et des Ressources en Eaux
Corniche El Nil, Imbaba, Le Caire.

Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA)
11 Hassan Sabry Street, Zamalek, Le Caire.

Permanent Joint Technical Commission for Nile Waters
13, Murad Street, Gizah.

Enseignement-Recherche

Desert Institute
El Matariah, Le Caire.

Groundwater Research Institute
Ministry of Irrigation
4 Wadi St., Heliopolis, Le Caire.

High Dam Side Effects Research Institute
1, Safia Zaghlool Street, Dawawin, Le Caire.

International Course on Hydrology for Arid and Semi-arid Regions
POB 5219 Heliopolis-West, Le Caire.

Research Institute for Groundwater (RIG)
13, Mozad Street, Giza.

Research Institute for Drainage (RID)
Qanater, Barrage, Le Caire.

Research Institute for Water Resources (RIWR)
Qanater, Barrage, Le Caire.

Water Research Centre
22, El Galaa Street, Bulak 11611, Le Caire.

Autres adresses utiles

Greater Cairo Authority
26 July Street, Bulak, Le Caire.

Espagne

Services officiels

Ministerio de Obras Publicas y Transportes
Servicio de Informacion Hidrologica
Paseo de la Castellana 67, 28046 Madrid.

Ministère de l'Agriculture de la Pêche et de l'Alimentation
Paseo Infanta Isabel, I, 28007 Madrid.

Enseignement-Recherche

Centro de Estudios y Experimentacion de Obras Publicas (CEDEX)
Alfonso XII, n° 3, 28014 Madrid.

Centro de Estudios Hidrograficos (CEDEX)
Po. Bajo de la Virgen del Puerto 3, 28005 Madrid.

Curso Internacional de Hidrologia Subterranea
Beethoven 15.3, 08021 Barcelone.

Servicio Geologico, Seccion de Hidrogeologia
Av. de Portugal 81, Madrid 11.

Universidad Politechnica de Valencia
Appartado de correos 22012, 46080 Valencia.

Instituto Technologica Geominero de Espana
Division de Aguas Subterraneas
Rios Rosas 23, 28003 Madrid.

Autres adresses utiles

Empresa Municipal de Agua y Alcantillado (EMAYA)
Compania General de Aguas de Barcelona
Paseo San Juan 39, 08009 Barcelona.

Confederacion Hidrografica del Ebro
Beethoven 15, 3e, 08021 Barcelona.

Confederacion Hidrografica del Segura
Plaza de Fontes 1, Murcia.

France

Services officiels

Ministère de l'Environnement.
Direction de l'Eau
14, Bvd du Général Leclerc, 92524 Neuilly-sur-Seine.

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
31, rue Jules Guesde, 69310 Pierre-Bénite.

Enseignement-Recherche

Office International de l'Eau
Centre de Formation International à la Gestion des Ressources en Eau (CEFIGRE)
Sophia-Antipolis, Place Sophie-Laffitte, BP 113, 06560 Valbonne Cédex.

Institut Méditerranéen de l'Eau.
Centre Euro-Méditerranéen de Rencontres
Palais du Pharo, 58, Bvd Charles Livon, 13007 Marseille.

Laboratoire d'Hydrologie et de Modélisation
Université de Montpellier II
Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cédex 5.

Autres adresses utiles

Hydroplan
2, rue Henri Barbusse, 13241 Marseille, Cédex 01.

Société des Eaux de Marseille
28, rue E. Delanglade, 13006 Marseille.

Grèce

Services officiels

Ministère de l'environnement, de l'aménagement du territoire et des travaux publics
147, Patission, 11251 Athènes.

Ministère de l'Industrie, de l'Energie et de la Technologie
Michala kopoulou 80, 10192 Athènes.

Enseignement-Recherche

Institut d'Etudes Géologiques et Minières (IGME)
70 Messoghion St., Athènes.

Ecole Nationale Supérieure Agronomique
Laboratoire d'Hydraulique Agricole
75 Iera Odos, Batanikos, 301 Athènes.

Ecole Polytechnique d'Athènes
Iroon Polytechniou 5, 18534 Zografou Athènes.

Israël

Services officiels

Ministry of Environment
P.O. Box 6234, Jerusalem 91061.

Ministry of Agriculture
Dalek St., Hakirga, Tel Aviv 61070.

Hydrological Service, Water Commission
50 Yermiahu St., P.O. Box 6381, Jerusalem 91063.

Israel Committee for Hydrology
c/o Ministry of Science and Technology
POB 18195, Jerusalem 91181.

Italie

Services officiels

Ministero dei Lavori Publici
Via Nomentana 1-2, 00100 Roma.

Ministero dell'Ambiente
Piazza Venezia 11, 00187 Roma.

Enseignement-Recherche

Centro Internazionale di Idrologia "Dino Tonini"
Universita di Padova Via Sette Chiese
35043 Monselice.

Istituto di Ricerca sulle Acque (Water Research Institute)
Via Reno 1, 00198 Roma.

Istituto Assistenza Sviluppo Mezzogiorno (I.A.S.M.)
124, viale Pllsudski, Roma.

Istituto de Geologia
Universita di Catania
Via Nuovalucello 4, 95124 Catania, Sicilia.

Instituto di Richerche per la Protezione Idrogeologica nell' Italia Centrale (IRPI)
Perugia.

Istituto di Richerche per la Protezione Idrogeologica nell'Italia
Meridionale e Insulare (IRPI)
Via Giuseppe Verdi 1, 87030 Roges di Rende.

Instituto de Geologica e Geotecnica
Universita di Bari, Via Re David 200, 70125 Bari.

Autres adresses utiles

Azienda Comunale Elettricita'ed Acque-Roma (ACEA)
Piazzale Ostiense 2, Roma.

Agenzia per lo Sviluppo del Mezzogiorno
Piazzale Kennedy, EUR, Roma.

Magistrato per il Po. Ufficio tecnico
75 Strada Garibaldi, Parma.

Liban

Enseignement-Recherche

Conseil National de la Recherche Scientifique
P.O. Box 11, 8281 Beyrouth.

Libye

Services officiels

General Water Authority (GWA)
P.O. Box 5332, Tripoli.

Technical Centre for Environmental Protection
P.O. Box 83618, Tripoli.

Malte

Services officiels

Water Works Department
Triq Belt il-Hazna, Marsa.

Maroc

Services officiels

Ministère des Travaux Publics
Administration de l'Hydraulique
Rue Hassan Benchekroun, B.P. 525, Agdal, Rabat.

Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire
Direction de l'Equipement Rural
B.P. 1069, Rabat.

Office National de l'Eau Potable (O.N.E.P.)
6bis, rue Patrice Lumumba, Rabat.

Enseignement-Recherche

International Irrigation Management Institute
461, Av. Hassan II, Rabat.

Syrie

Services officiels

Ministry of Irrigation
Adnan Malki Street, P.O. Box 4451, Damas.

Services Techniques du Ministère de l'Irrigation
Fardous St., P.O. Box 4451, Damas.

Autres adresses utiles

Damascus City Water Supply and Sewage Authority (DAWSSA)
Nassr Street, Damas.

General Company of Water Studies
P.O. Box 752, Homs.

Tunisie

Services officiels

Ministère de l'Agriculture
Secrétariat d'Etat aux Ressources en Eau
30, rue Alain Savary, Tunis.

Direction Générale des Ressources en Eau
43, rue de la Manoubia, Montfleury, B.P. 863, 1008 Tunis.

Direction Générale des Etudes et des Grands Travaux Hydrauliques
30, rue Alain Savary, Tunis.

Direction Générale du Génie Rural
30, rue Alain Savary, Tunis.

Office National de l'Assainissement (ONAS)
8, rue du Sénégal, Tunis.

Société Nationale d'Equipement et de Distribution d'Eau (SONEDES)
23, rue Jawalher El Nehru, B.P. 1300, Tunis.

Ministère de l'Environnement
14, Avenue Kerredine Pacha, 1002 Tunis.

Turquie

Services officiels

Ministère des Travaux Publics et de l'Equipement
Direction Générale des Travaux Hydrauliques
Anitepe, Ankara.

Direction Générale des Travaux Hydrauliques de l'Etat (Devlet Su Isleri)
Direction Générale (Genel Müdürlügü)
Yüceltepe, Ankara.

Ministère de l'Environnement
143 Atatürk Bulvari, Bakanliklar, 06640 Ankara.

Ministère de l'Agriculture, des Forêts et des Affaires Rurales
Direction Générale des Services Ruraux (KHGM)
Bakanliklar, 06640 Ankara.

Enseignement-Recherche

DSI Teknik Arastirma ve Kalite Kontrol
Dairesi Baskanligi, 05100 Ankara.

Autres adresses utiles :

South-eastern Anatolia Project
Regional Development Association
Karli Sokak 59, 06700 Ankara.

Yougoslavie/Croatie

Services officiels

Committee for Building Housing and the Environment of Croatia
Marulicev Trg. 16, P.O. Box 406, 41000 Zagreb.

"Jaroslav Cerni" Institute for the Development
of Water Resources
Postanski Fah 530, Beli Potok, Belgrade.

Organismes internationaux

Arab Centre for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD).
Water Resources Division
P.O.Box 2440, Damas.

Centre d'Activités Régionales du Plan Bleu pour la Méditerranée
Place Sophie Laffitte, Sophia-Antipolis, 06560 Valbonne, Cédex.

Centre d'Activités Régionales pour le Programme d'Actions Prioritaires (PAM)
Kraj sv. Ivana 11
POB 74, 58000 Split, Croatie.

Commission des Communautés Européennes
Direction générale de l'environnement
10, rue Guimard
B. 1049, Bruxelles, Belgique

Commissione Europea e Mediterranea per la Planificazione delle Acque (CEMPE)
Via Cimarosa 10, 95124 Catania, Sicilia.

Programme Hydrologique International
UNESCO
1, rue Miollis, 75732 Paris Cedex 15.

OCDE
Direction de l'environnement
2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16.

ANNEXE 5
Les scénarios du Plan Bleu

Les scénarios du Plan Bleu ont été élaborés pour étudier les relations à moyen et long terme (horizons 2000 et 2025) entre divers types de développement et l'environnement méditerranéen. Les composantes de l'environnement retenues sont les forêts, les sols, les eaux (ces trois composantes étant en fait étroitement liées dans les écosystèmes), le littoral et la mer. Les secteurs de développement pris en compte sont l'agriculture – ou plus précisément l'agro-alimentaire – l'industrie, l'énergie, le tourisme et les transports. Pour définir les scénarios, les hypothèses génériques ont porté sur le contexte (économique et technique) international, l'évolution des populations, les stratégies nationales de développement, la gestion de l'espace et les politiques de l'environnement.

Tous ces éléments ont conduit à distinguer deux types de scénarios :

– *les scénarios tendanciels* : ils décrivent des évolutions qui ne marquent pas de fortes ruptures par rapport aux tendances des stratégies de développement établies jusqu'à maintenant,

– *les scénarios alternatifs* : ils décrivent au contraire des évolutions qui s'écartent des tendances observées jusqu'à maintenant, et qui sont marquées par une attitude plus volontariste, tant sur le plan intérieur qu'international, de la part ces gouvernements méditerranéens.

I. les scénarios tendanciels

Le moteur économique des scénarios tendanciels est l'expansion d'un marché international qui demeure marqué par une prépondérance économique (et technologique) américano-nippone. Dans ce contexte, et que ce soit au point de vue politique, économique, culturel, etc., l'Europe n'arrive pas à s'affirmer autant qu'elle le voudrait. De même en Méditerranée, les pays individuellement s'accommodent plus ou moins bien, au nord comme au sud, de cette prépondérance du binôme Etats-Unis/Asie de l'Est.

Dans ces conditions, il est apparu nécessaire de distinguer trois scénarios tendanciels qui diffèrent l'un de l'autre selon que le schéma ci-dessus est plus ou moins poussé, le *scénario tendanciel de référence T-1* de "continuation" des tendances actuelles, qui se situe entre deux autres scénarios relativement contrastés. Dans le *scénario tendanciel aggravé T-2*, la croissance économique internationale continue à rester faible, en particulier parce que les partenaires dominants l'économie mondiale n'arrivent pas à coordonner leurs politiques dans les semaines politiques, financiers et macro-économiques. Il en résulte notamment que le problème de la dette du tiers-monde reste aigu. Dans le *scénario tendanciel modéré T-3*, au contraire, une meilleure coordination des politiques économiques entre la Communauté européenne, les Etats-Unis et le Japon permet une croissance économique relativement soutenue.

En ce qui concerne l'environnement, les trois scénarios tendanciels amènent à moduler les efforts des gouvernements en fonction des potentialités économiques, plus grands dans le tendanciel modéré T-3 que dans le tendanciel aggravé T-2. Alors que dans ce dernier scénario dominent les actions ponctuelles, souvent dictées par l'urgence, on trouve dans le scénario tendanciel modéré T-3 une certaine vision à long terme, bien qu'insuffisamment coordonnée, et des actions fréquemment décidées avec retard, et en conséquence d'autant plus coûteuses.

Pour certains aspects de l'exercice, on a souvent conservé seulement les deux scénarios extrêmes, les tendanciels aggravé T-2 et modéré T-3, le scénario tendanciel de référence T-1 apparaissant alors comme une situation intermédiaire ou moyenne entre les deux autres.

II. les scénarios alternatifs

La principale caractéristique des scénarios alternatifs est un plus grand poids des pays méditerranéens, permis par la formation d'une structure mondiale multipolaire, où s'affirment l'Europe Occidentale, les Etats-Unis, le Japon et peut-être un ou deux autres pays ou groupes de pays. En particulier existe une Europe politique plus présente, encore que jouant un rôle différent dans les deux scénarios.

Les deux scénarios alternatifs choisis ont été essentiellement différenciés par les relations qui s'établissent entre les pays du bassin méditerranéen, à savoir :

– pour le *scénario alternatif de référence A-1*, une conception "méditerranéen" des relations entre riverains, les pays de la Communauté européenne et les autres pays de la Méditerranée, qu'ils soient fortement industrialisés ou en cours d'industrialisation, s'efforçant de constituer tous ensemble une zone de développement harmonieuse avec une ouverture optimale de leurs échanges et des flux migratoires convenus entre eux. Dans ce scénario alternatif de référence les échanges méditerranéens sont orientés en majeure partie nord-sud, la Communauté européenne ayant un certain rôle d'"entraînement".

– pour le *scénario alternatif avec agrégation A-2*, une conception plus "régionale" de ces relations, la coopération économique concernant préférentiellement des groupes de pays, par exemple les pays de la Communauté européenne élargie, les pays du Maghreb, l'Orient arabe, etc. avec ouverture maximale des échanges et des migrations au sein de ces groupes, mais maintien de certaines barrières entre ces mêmes groupes, certains pays souhaitant se protéger partiellement des influences internationales. Dans ce scénario A-2, le rôle de la Communauté européenne est moins marqué et les pays riverains non membres de la Communauté européenne parviennent à se constituer en sous-ensemble relativement intégré.

Les stratégies de développement dans les scénarios alternatifs peuvent être dites "autocentrées", ce terme étant ici entendu comme la recherche d'une complémentarité entre le développement d'un secteur "moderne", inspiré par celui des sociétés industrialisées avancées, et le développement au sein des société urbaines de petites et moyennes entreprises, formelle ou informelles. Ceci est d'ailleurs plus facile dans le scénario alternatif de référence A-2, l'agrégation permettant une meilleure planification et ces marchés plus larges.

Les deux scénarios alternatifs supposent une plus grande mobilisation des ressources méditerranéennes, dans le cadre d'une "géographie des productions" plus volontariste, et une lutte accrue contre le gaspillage ou la dégradation de ces ressources – tous domaines où l'innovation à un grand rôle à jouer – ainsi qu'un accroissement à terme des échanges intra-méditerranéens.

Dans les scénarios alternatifs, les politiques de l'environnement et de l'aménagement du territoire sont mieux internalisées dans la prise de décision et dans les plans de développement. Par exemple, la préférence est systématiquement donnée aux procédés de fabrication peu polluants, aux processus biologiques, aux méthodes économes en eau pour l'irrigation. L'approche est également beaucoup plus "systémique" que mécanique ou sectorielle, visant à une planification intégrée du développement et de l'environnement.

Composé par Economica, 49, rue Héricart, 75015 PARIS
Imprimé en France. - JOUVE, 18, rue Saint-Denis, 75001 PARIS
N° : 204258X - Dépôt légal : Août 1992

Programme des Nations Unies
pour l'environnement

Plan d'Action
pour la Méditerranée

Les fascicules du Plan Bleu

sous la direction de Michel Batisse

6

L'EAU DANS LE BASSIN MEDITERRANEEN

Situation et prospective

par Jean Margat et al.

Les pays méditerranéens, au Nord comme au Sud, connaissent actuellement de rapides changements démographiques, sociaux, culturels, économiques et écologiques. Où mènent ces changements ? Que sera l'avenir des pays méditerranéens ? Comment doivent-ils agir individuellement et collectivement, pour faire face à leurs difficultés croissantes ? L'objet du Plan Bleu – récemment publié par Economica – est de tenter de répondre à ces questions, selon un jeu de « scénarios » prospectifs jusqu'à l'horizon 2025 portant sur l'ensemble des secteurs économiques et des milieux géographiques.

En se fondant sur ces travaux et sur l'expérience acquise il a paru opportun de creuser plus avant la problématique et l'évolution de chaque secteur et de chaque milieu en région méditerranéenne. Tel est l'objet des Fascicules du Plan Bleu, qui sortiront progressivement et peuvent être lus indépendamment de l'ouvrage principal, dont ils utilisent la partie prospective et actualisent ou complètent les données.

Le présent fascicule porte sur l'élément central de la vie et de l'environnement, qui joue un rôle majeur dans la plupart des activités économiques. La faiblesse, l'irrégularité et la répartition inégale des ressource en eau dans le bassin méditerranéen pèsent fortement sur son avenir, jusqu'à y constituer un facteur limitant du développement pour bon nombre de pays. C'est l'ensemble complexe de toutes ces interactions évolutives qui est exploré ici.

* * *

Jean MARGAT, auteur principal de ce fascicule auquel ont coopéré un certain nombre d'experts méditerranéens, est ancien chef du Département d'hydrogéologie du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), et aujourd'hui conseiller de cette organisation à Orléans. Il est l'auteur de nombreux articles et de plusieurs ouvrages sur l'évaluation des ressources et l'économie de l'eau.

Michel BATISSE a consacré la plupart de sa carrière internationale à l'environnement et aux ressources naturelles. Il a notamment organisé la Décennie hydrologique internationale et le Programme de recherche sur l'Homme et la Biosphère (MAB). Ancien Sous-Directeur général (Sciences) de l'UNESCO, il préside le Centre d'Activités Régionales du Plan Bleu pour la Méditerranée depuis sa création en 1985.

9 782717 823363

ISBN 2-7178-2336-0
140 F