



2e BROUILLON, SEPTEMBRE 2009

Problèmes et nécessités d'une gestion durable de l'eau dans le bassin méditerranéen

Damià Barceló^{1,2}, Mira Petrovic^{2,3}, Jaume Alemany¹

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION GÉNÉRALE, FAITS ET PROBLÈMES

2. L'Union pour la Méditerranée (UpM) et la gestion durable de l'eau

3. Identification DE ZONES DE PRIORITÉ PROVISOIRE (projets)

Traitement et distribution de l'eau potable

Traitement des eaux usées

Réutilisation des eaux usées

Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation agricole et du paysage

Réutilisation des eaux usées traitées pour l'alimentation des nappes souterraines

Réutilisation directe et indirecte des eaux usées traitées pour fournir de l'eau potable

Réutilisation des boues d'eaux d'égout

Réutilisation des boues d'eaux d'égout pour l'agriculture

Irrigation

4. CONCLUSIONS FINALES et RECOMMANDATIONS

¹ Institut catalan de recherche de l'eau (ICRA), Edif. H₂O, Parc Científic i Tecnològic de la UdG, c/Emili Grahit, 101, E-17003 Girona, Espagne

² Département de chimie environnementale, Institut de diagnostic environnemental et d'études de l'eau (IDAEA-CSIC), c/Jordi Girona 18-26, 08034 Barcelona, Espagne

³ Institution catalane de recherche et d'études avancées (ICREA), Passeig Lluís Companys 23, 80010 Barcelona, Espagne



1. INTRODUCTION GÉNÉRALE, FAITS ET PROBLÈMES

La Méditerranée est la plus grande mer européenne semi-fermée, caractérisée par une étroite plateforme inclinée, une zone littorale réduite et un petit bassin de drainage situé tout particulièrement dans sa partie septentrionale. Aujourd'hui, 82 millions de personnes vivent dans les villes côtières des 21 pays méditerranéens et l'on estime qu'il y aura, en 2025, une population de 150 à 170 millions de personnes. Actuellement, les pays de la rive sud comptent pour 32 % dans le total de la population de la région ; mais en 2025, on s'attend à ce qu'ils aient atteint les 60 %. Même si la croissance de la population tend à baisser dans la zone, elle impliquera quand même dans un avenir immédiat une nette augmentation de la pression sur l'environnement, tout particulièrement du fait que cette croissance de la population se concentrera pour l'essentiel dans les pays situés dans le Sud et dans l'Est de la Méditerranée. Le niveau important de l'activité humaine dans les zones côtières entraîne aussi de sérieux problèmes de pollution, causés par les grandes quantités de déchets industriels et urbains qui sont produits et déversés dans la mer avec une faible capacité d'auto-décontamination et un cycle lent de renouvellement de l'eau. Les pressions des populations saisonnières sont aussi très élevées. Plus de 100 millions de touristes visitent les plages et les villes méditerranéennes chaque année, et l'on s'attend à ce que ce chiffre double d'ici à 2025. Afin de pourvoir à ce business en plein essor, les habitats naturels ont été remplacés par des résidences de vacances modernes et la pollution supplémentaire générée est souvent déversée dans la mer sans avoir été préalablement traitée, ce qui met en danger l'équilibre de l'écosystème entier de la région.

Les régions comprises dans le bassin méditerranéen sont parmi les zones du monde qui souffrent le plus du manque d'eau, en plus de la pollution des ressources d'eau douce. On estime que 30 millions de Méditerranéens vivent sans accès à l'eau potable du fait du manque d'investissement général et/ou du manque de ressources (voir fig. 1).

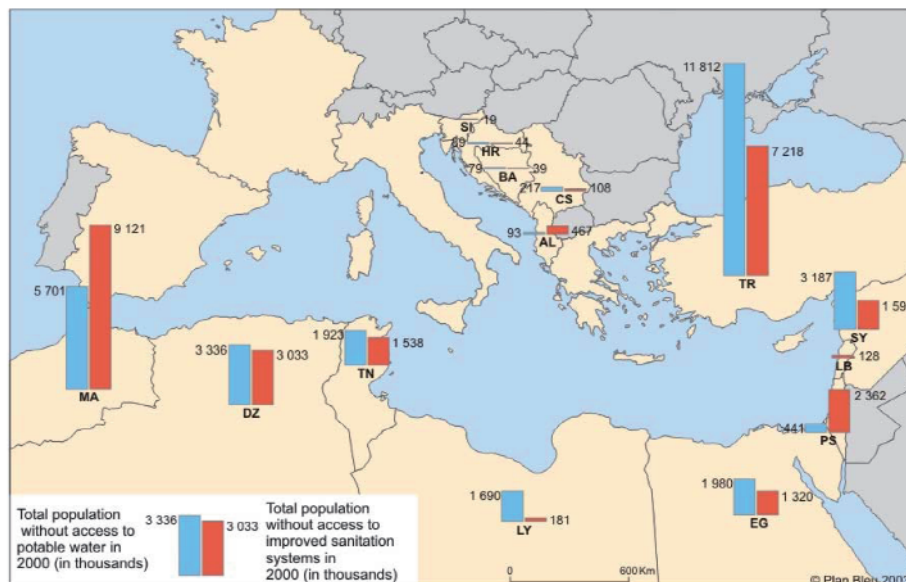


Figure 1. Accès à l'eau potable et aux installations sanitaires
(source : UN-SDMI, OMS-Unicef, 2003)



Le degré de pression sur les ressources hydriques, exprimé par l'*indice d'exploitation des ressources naturelles renouvelables* (volume de la soustraction annuelle de ressources d'eau naturelle renouvelable / volume annuel moyen de ressources d'eau naturelle renouvelable disponible, exprimé en pourcentage), de même que sa projection en 2025 sont présentés dans la figure 2. On s'attend à ce que les tensions sur les ressources hydriques soient particulièrement élevées en Égypte, en Israël, en Libye, dans les Territoires palestiniens et dans les zones méditerranéennes de l'Espagne (taux situé à 75 % ou plus élevé), de même qu'à Malte, en Syrie, en Tunisie et dans quelques zones du Maroc (taux situé entre 50 et 75 %).

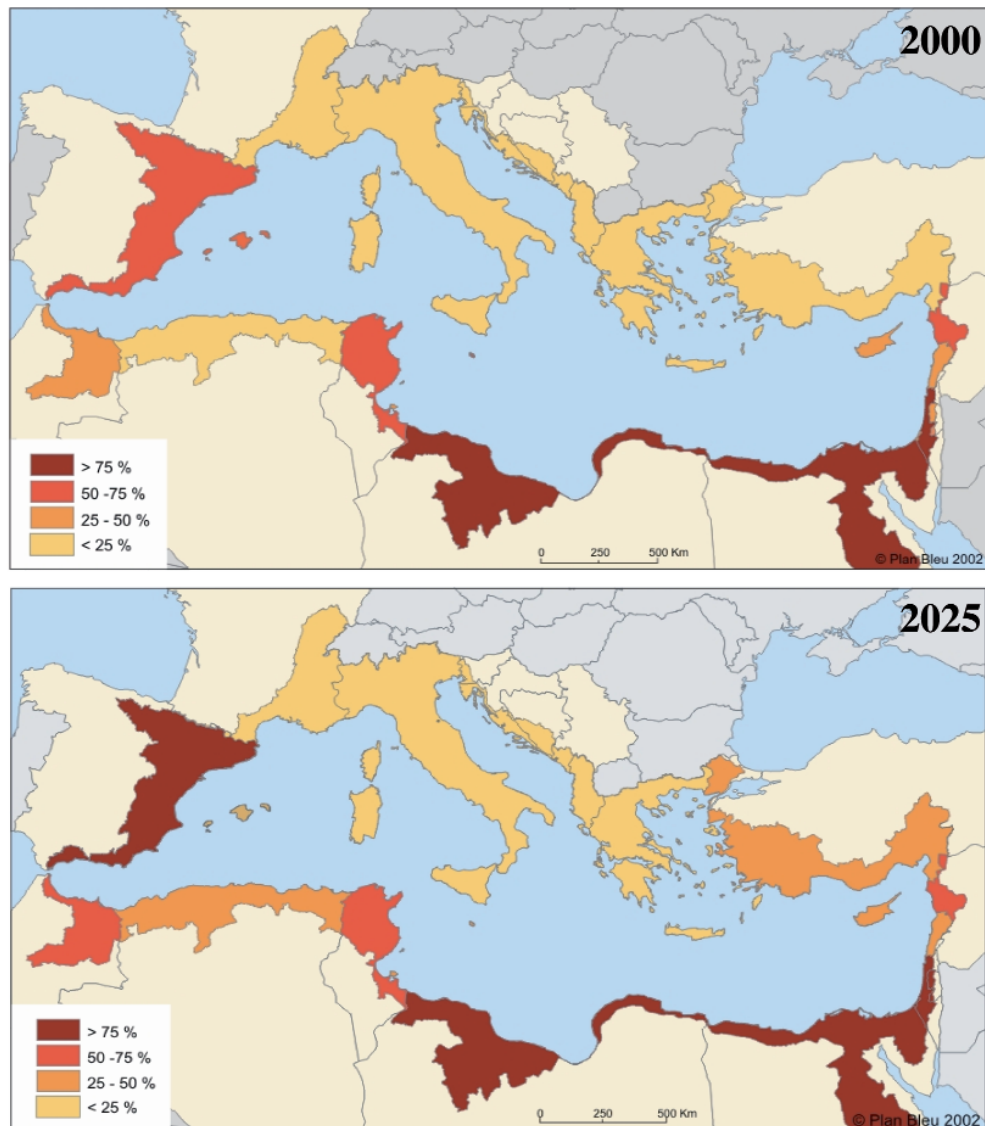


Figure 2. Taux d'exploitation des ressources naturelles d'eau renouvelable (source : Plan bleu, UNEP – Centre d'activité régional. Environnement et développement dans la Méditerranée)



Comprendre le manque d'eau et la manière de répondre à ce manque n'est pas une question réservée aux gestionnaires de l'eau et aux scientifiques. Le manque d'eau a un impact direct sur les citoyens et sur les secteurs économiques qui l'utilisent et en dépendent, tels que l'agriculture, le tourisme, l'industrie, l'énergie et le transport. Le manque d'eau et les sécheresses ont aussi des impacts plus vastes sur les ressources naturelles au sens large, au travers des effets secondaires négatifs sur la biodiversité, sur la qualité de l'eau, sur l'augmentation des risques d'incendies de forêts et sur l'appauvrissement des sols. Enfin, l'insuffisance de l'eau disponible peut ne pas avoir d'effet uniquement sur la qualité de l'eau mais aussi sur l'intégrité des écosystèmes, et elle peut entraîner des troubles économiques et sociaux.

La pression croissante sur les ressources hydriques sera à l'origine d'effets additionnels sur les écosystèmes aquatiques, avec des impacts directs et indirects. Ceci est particulièrement pertinent dans la mesure où les écosystèmes d'eau douce apportent des services importants aux sociétés humaines. Les effets sur les lignes de partage des eaux sont fréquemment mis en avant en ce qui concerne les cours d'eau et les rivières ; d'où les conséquences sur la morphologie (coupure, simplification de canal), sur la chimie (plus grandes concentrations de substances nutritives et de polluants) et sur les communautés biologiques (moins de diversité, arrivée d'espèces invasives, moins d'efficacité des processus biologiques). Les modèles régionaux de climat offrent un ensemble de scénarios de résolution hautement cohérents pour plusieurs variables climatiques un peu partout en Europe. Des analyses des lignes de partage des eaux méditerranéennes suggèrent invariablement que le climat sera significativement plus chaud et plus sec, tout particulièrement en été. On prévoit que cela influencera aussi bien le sort que le comportement des polluants.

En conséquence, il est évident que les limites physiques, socio-économiques et environnementales des politiques d'alimentation ont été atteintes. Les scénarios d'avenir comprennent la mise en œuvre d'un certain nombre de politiques basées sur une meilleure gestion et de meilleures politiques de la demande d'eau visant à augmenter le potentiel exploitable par une meilleure conservation de l'eau et du sol, et un recours croissant à l'apport artificiel des nappes phréatiques dans les zones arides. Un scénario alternatif (voir fig. 3) compte sur les économies qui pourraient être faites dans l'agriculture (y compris la récupération et la réutilisation des eaux usées, la réduction des pertes dues au transport et l'augmentation du rendement de l'irrigation), dans l'industrie (l'augmentation du taux de recyclage) et dans l'alimentation domestique (la réduction des pertes dues au transport et aux fuites).

L'analyse des alternatives potentielles et des besoins indique qu'il y a pas une solution simple et unique au manque d'eau parce que les causes (ou agents stressants) sont multiples et requièrent donc des solutions multiples. Plusieurs options doivent être utilisées en fonction des ressources existantes. En particulier, pour le scénario du changement climatique, on doit envisager l'augmentation de la demande et la diminution des ressources. Ces options doivent prendre en considération le fragile couplage des systèmes social et naturel, dans lequel chacun des deux a besoin de sa part. Aussi bien des technologies que des pratiques de gestion améliorée de l'eau sont nécessaires dans tous les secteurs où l'eau est utilisée (par exemple l'agriculture, la fabrication ou le tourisme). Conformément à la directive-cadre dans le domaine de l'eau (DCE) (article 9), il est essentiel de prendre en compte l'ensemble des coûts économiques et environnementaux dans l'évaluation des alternatives, dans lesquelles la conservation des ressources et de leur qualité à *la source* devraient aussi être comprises. L'utilisation des systèmes d'aide à la décision peut être bénéfique dans la mesure où ceux-ci intègrent les multiples agents, de même qu'ils optimisent la gestion de la sécheresse et les mesures d'atténuation.

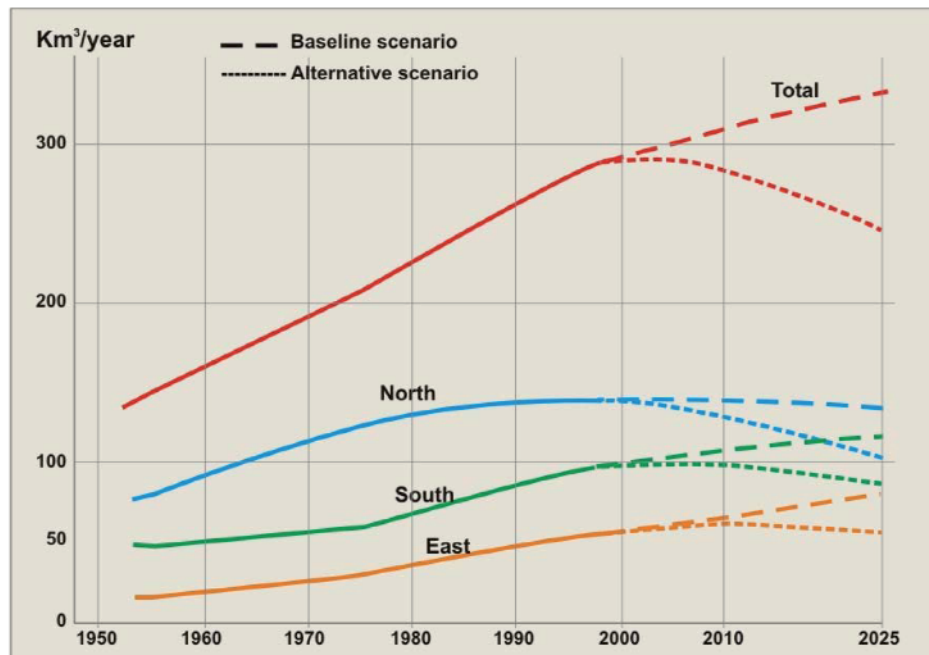


Figure 3. Demande totale d'eau dans les sous-régions méditerranéennes (évolution 1950-2000 et ligne de base ainsi que projections alternatives 2000-2025)
(source : Plan bleu)

Il y a toutefois davantage d'options pour traiter le manque d'eau dans la zone méditerranéenne telles que celles qui suivent :

- Le travail pour une culture de l'économie de l'eau et le rendement de son utilisation est essentiel. Cela implique une perception publique active de la part des citoyens et des secteurs économiques. Les économies potentielles peuvent être stabilisées à l'avenir et étendues aux besoins domestiques et agricoles. Il est essentiel de développer les économies d'eau dans l'irrigation, dans le cadre d'une planification générale des besoins économiques de l'ensemble du territoire.
- La prise en compte des services apportés par les écosystèmes peut offrir un cadre pour comprendre que les besoins sociaux et ceux du capital naturel ne sont pas indépendants les uns des autres. L'éducation publique est critique pour permettre l'utilisation compatible des ressources hydriques et la conservation de notre patrimoine naturel.
- L'amélioration du traitement des eaux usées quantitativement et qualitativement. Tout choix de technologie de traitement devrait reposer sur les « meilleures pratiques disponibles n'entraînant pas de coûts excessifs » et offrir la meilleure pratique environnementale et la meilleure option. De plus, des stratégies de contrôle nouvelles et innovantes pourraient être adoptées afin d'améliorer la performance du processus biologique et atteindre une bonne qualité de



l'eau et une moindre consommation d'énergie. L'adoption de nouvelles technologies pour le traitement des eaux usées aidera à faire face à ces aspirations. Une intéressante stratégie pour l'amélioration du traitement de l'eau parallèlement au maintien sous contrôle de la consommation d'énergie doit combiner différentes technologies (biologiques et physico-chimiques) dans une seule usine de traitement des eaux usées conformément aux différentes caractéristiques de celles-ci et du milieu de réception (approche combinée).

- Les tests d'une usine pilote ainsi que l'étalonnage des travaux existants apporteront une connaissance profitable pour aider au choix de la technologie adéquate de l'usine de traitement des eaux usées et de son installation. Ces activités amélioreront la performance à long terme des nouvelles infrastructures de traitement des eaux usées.

La réutilisation des eaux d'égout peut être considérée comme une source d'eau adéquate pour les usages urbains, touristiques et agricoles. Avec un bon traitement, les eaux d'égout peuvent même être utilisées comme eau potable dans certaines circonstances. Il existe plusieurs techniques adaptées pour l'amélioration de la qualité chimique et microbiologique qui pourraient aider à permettre ces usages. (En Catalogne, jusqu'à 101 mm³ seront disponibles en 2027.) Les solutions sont liées, cependant, à l'énergie disponible ; et c'est ce qui constitue parfois une limitation critique. Par ailleurs, la perception publique et les aspects culturels doivent aussi être évalués et améliorés en ce qui concerne cette source d'eau. En conséquence, la consultation publique devrait aider à détecter tôt de futures incompréhensions.

La désalinisation est une des options actuelles pour obtenir des ressources hydriques qui pourraient apporter une source d'eau indépendante des potentiels changements climatiques. (En Catalogne, jusqu'à 190 mm³ seront disponibles en 2027.) Cependant, les besoins et les coûts d'énergie sont élevés, même si récemment des recherches ont été développées pour l'utilisation de l'énergie solaire pour la désalinisation. (Les coûts d'énergie moyens ont été estimés à 3,40 kWh/m³.) Toutefois, la désalinisation ne doit pas être considérée comme la seule et unique option.

L'utilisation des eaux souterraines requiert une protection adéquate des couches aquifères. Celles-ci, lorsqu'elles sont surexploitées, affectent en effet les quantités d'eau disponible pour les écosystèmes aquatiques de surface et ils peuvent créer des problèmes d'affaissement du sol et d'intrusion d'eau salée. Alimenter les couches aquifères requiert une bonne qualité tant chimique que microbiologique des eaux utilisés. Des techniques pour améliorer la qualité de l'eau des nappes phréatiques existent, même à large échelle. La récupération des puits d'eau de fond peut permettre d'obtenir des ressources additionnelles. (En Catalogne jusqu'à 43 mm³ qui pourraient s'élever à 90 mm³ en cas d'extrêmes sécheresses.)

Un grand nombre d'universités et de centres de recherche de renommée internationale peuvent apporter leurs connaissances ainsi que leur expérience afin d'évaluer ou de conseiller (pendant la planification des interventions) quant aux effets prévisibles des nouveaux projets hydriques identifiés dans le cadre de l'Union pour la Méditerranée (UpM) pour le changement global. De plus, le suivi à court et moyen termes avec des indicateurs adéquats doit être pris en compte afin de vérifier l'évolution des masses d'eau et acquérir de l'expérience in situ pour de futurs projets ainsi que pour évaluer l'impact des « interventions » envisagées.



2. L'UNION POUR LA MÉDITERRANÉE (UPM) ET LA GESTION DURABLE DE L'EAU

Le programme **Environnement - Dépollution de la Méditerranée** est identifié comme étant l'un des six domaines prioritaires (programmes) de l'Union pour la Méditerranée et il fait partie de la liste de l'annexe de la Déclaration de Paris. Le programme *Sustainable Water Management and De-pollution of the Mediterranean* (Gestion durable de l'eau et dépollution de la Méditerranée) a pour but de promouvoir des politiques de gestion de l'eau durables dans le contexte de l'accroissement actuel du manque d'eau. Un total de 22 millions d'euros a été alloué pour 2009-2010. Une partie de ces fonds sera consacrée au soutien de la stratégie de l'eau en Méditerranée et à la mise en œuvre du programme Horizon 2020. Cette initiative est structurée autour de quatre éléments :

- Des projets pour réduire les sources les plus significatives de pollution en mettant l'accent sur les émissions industrielles, les résidus municipaux et les eaux usées urbaines, responsables de 80 % de la pollution dans la Méditerranée (Réduction).
- Des mesures de renforcement des capacités pour aider les pays voisins de la Méditerranée à créer des administrations environnementales nationales capables de développer et de faire appliquer des lois de protection de l'environnement (Capacitation).
- L'utilisation du budget de recherche de la Commission pour développer et partager les connaissances sur les thèmes pertinents de l'environnement pour la Méditerranée (Connaissances).
- Le développement d'indicateurs pour surveiller le succès du programme Horizon 2020 (Contrôle).

La préparation de la Stratégie à long terme pour l'eau en Méditerranée (SEM) a été la décision-clé de la Conférence ministérielle euro-méditerranéenne sur la gestion de l'eau (22 décembre 2008, Jordanie). Récemment, le Groupe d'experts Eau de l'Union pour la Méditerranée, qui s'est réuni à Athènes les 7 et 8 septembre 2009, a préparé les termes de référence pour l'élaboration de cette stratégie. Dans les contenus de ce document, il était indiqué que la SEM devait être orientée vers des objectifs spécifiques et quantifiables et des engagements tels que le potentiel d'économie d'eau, les cibles en matière de dépollution, etc. Parmi les différents thèmes visés par la SEM, il faut mentionner la répartition de l'eau, le manque d'eau, le rendement, les phénomènes extrêmes tels que les crues et les sécheresses, les ressources hydriques transfrontalières, l'assainissement, les eaux souterraines et la santé, entre autres.

Le Groupe d'experts Eau de l'Union pour la Méditerranée a aussi été informé des stratégies-clés, des processus et des initiatives concernant l'eau qui existent déjà dans la Méditerranée. L'une de ces stratégies-clés est la mise en place de la directive-cadre dans le domaine de l'eau (DCE) dans laquelle les plans de gestion du bassin fluvial devraient être adoptés en 2009, après consultation publique. Dans ce scénario, il est nécessaire de se souvenir que la directive-cadre dans le domaine de l'eau 2000/60/EC et la directive du Conseil 91/271/CEE concernant le traitement des eaux usées urbaines ont montré qu'elles étaient utiles pour améliorer la qualité de l'eau dans les eaux continentales (et indirectement dans les eaux marines). Cette expérience européenne est précieuse et devrait être considérée comme un point de départ dans le cadre des projets de l'UpM en ce qui concerne les aspects suivants : l'adoption du bassin fluvial en tant qu'unité de planification ; la participation pu-



blique ; l'analyse des coûts et des bénéfices des interventions, en tenant compte de la qualité du milieu de réception situé au-dessus des limites d'émissions ; etc. Cette expertise pourrait être utile pour avancer dans l'énorme tâche de mise en œuvre d'un grand nombre de projets différents pour « dépolluer » la Méditerranée.

Une liste de 113 projets a été proposée au cours de la Réunion ministérielle sur les projets de développement durable qui s'est tenue à Paris, en juin 2009, sous la présidence franco-égyptienne, dans le domaine de l'initiative Horizon 2020 par des membres de l'Union pour la Méditerranée conformément aux aspects prioritaires de : (i) la dépollution de la Méditerranée ; (ii) les technologies et l'utilisation rationnelle de l'eau ; (iii) l'équilibre entre l'offre et la demande ; (iv) la conservation et la réhabilitation des environnements naturels ; et (v) l'adaptation au changement climatique.

Pour satisfaire la demande croissante, les projets proposés sont dans la ligne des politiques nationales qui sont largement dominées par les efforts pour augmenter l'approvisionnement en eau et multiplier le nombre de grandes infrastructures hydriques.

La réactivation de l'UpM en juin 2009 donne aussi l'occasion de réactiver, sous la présidence espagnole, le programme de Gestion durable de l'eau - Dépollution de la Méditerranée, en redéfinissant les projets existants et en envisageant de nouveaux dans le domaine des priorités. Une attention toute spéciale devrait être portée au domaine de la gestion du cycle urbain de l'eau (incluant la production d'eau potable, l'alimentation en eau, l'assainissement, le traitement des eaux usées et la réutilisation des eaux usées et des boues), aspects qui sont cruciaux pour atteindre les objectifs de ce programme. L'implication des entreprises devrait être orientée vers les **projets à long terme**, tels que ceux qui visent les thèmes de gestion, le renforcement de la recherche technologique, le transfert de technologies et la capacitation, de même que le contrôle de la qualité de l'eau. Ceci implique aussi la nécessité d'interagir en permanence avec les administrations et les entreprises locales, et par conséquent de renforcer les liens avec ces entreprises et d'augmenter la présence commerciale générale des entreprises européennes sur le marché méditerranéen. En outre, les entreprises espagnoles sont intéressées par la participation aux **activités à court terme**, telles que la construction d'infrastructures (construction d'usines de traitement, d'infrastructures d'assainissement et de tout-à-l'égout, et expansion des installations existantes), auxquelles elles peuvent participer en tant que constructeurs ou experts en planification et en exploitation.



3. IDENTIFICATION DE ZONES DE PRIORITÉ PROVISOIRE (PROJETS)

- Traitement et distribution de l'eau potable
- Traitement des eaux usées
- Réutilisation des eaux usées
- Réutilisation des boues

3.1 Traitement et distribution de l'eau potable

Comme le monde se dirige de plus en plus rapidement vers le moment où la combinaison de l'augmentation de la population, du développement de la demande et du changement climatique signifiera que l'eau douce sera chroniquement insuffisante aussi bien dans les pays riches que dans les pays pauvres, il y a un intérêt croissant pour la désalinisation en tant que technique d'exploitation des quantités à la fois énormes et indéfiniment tentatrices de la mer. Jusqu'à une période récente, la désalinisation très répandue pour les besoins généraux des communautés terrestres avait été limitée à cause de son coût très élevé, et l'on sait parfaitement que la zone dans laquelle la désalinisation a été, et de loin, la plus grande contribution aux fournitures d'eau urbaine a été les États riches en pétrole et pauvres en eau situés autour du Golfe persique. Des améliorations de la technologie de la désalinisation, couplées avec le coût croissant et une fiabilité en baisse des alimentations d'eau traditionnelles, mettent l'eau désalinisée sur le devant de la scène comme option d'alimentation générale en eau avec de grandes usines fonctionnant en permanence, et planifiées ou en cours de planification en Europe, en Afrique du Nord, en Amérique du Nord, en Australie, en Chine et en Inde, parmi d'autres.

Cependant, la désalinisation de l'eau de mer augmente aussi significativement l'intensité générale de l'énergie, l'impact climatique potentiel et le prix de l'eau. En dépit de l'amélioration de la technologie et de la réduction des coûts, l'eau désalinisée demeure très chère et sensible en particulier aux augmentations des coûts de l'énergie. Notre connaissance des impacts est largement basée sur une recherche limitée d'usines relativement petites opérant dans un isolement relatif les unes par rapport aux autres. L'avenir qui est indiqué par les autorités publiques de l'eau et l'industrie de la désalinisation est constitué de plus grandes usines qui seront fréquemment regroupées dans des environnements côtiers relativement sensibles qui attirent le plus les implantations intensives.

À part l'aspect concernant les usines de désalinisation, il est nécessaire de mettre en place de nouvelles infrastructures ou de réhabiliter ou encore de remettre à niveau les infrastructures existantes telles que les usines de traitement de l'eau (UTE), les puits ou les canalisations. Pour augmenter le rendement de toutes ces infrastructures, celles-ci doivent être correctement planifiées, conçues, construites et exploitées. Comme nous l'avons mentionné auparavant, il existe un haut niveau d'expertise sur ces sujets dans les pays méditerranéens.

Projets à court terme

- Planification, conception, construction et exploitation d'usines de désalinisation
- Planification, conception, construction et exploitation d'usines de traitement de l'eau
- Planification, conception, construction et exploitation de systèmes urbains d'alimentation en eau
- Planification, conception, construction et exploitation de systèmes de puits
- Capacitation (aspects pratiques, paramètres d'exploitation, contrôle, amélioration des capacités d'analyse)



Projets à long terme

- Étude de l'impact environnemental à long terme de la désalinisation
- Technologies innovantes pour le traitement des concentrés ;
- recherche de technologies et transfert de technologies

3.2 Traitement des eaux usées

La production d'eaux d'égout dans les villes côtières est l'un des problèmes de pollution majeurs sur la côte méditerranéenne. Le problème est en outre exacerbé du fait de la croissance rapide de nombreuses villes côtières, tout particulièrement sur la côte méditerranéenne sud. Le système de collecte des eaux d'égout est souvent relié uniquement à certains quartiers urbains, ce qui entraîne la décharge d'eaux usées non traitées directement dans la mer au travers d'autres déversoirs.

Les systèmes de collecte des eaux d'égout existants sont en général capitalistiques et requièrent des opérateurs spécialisés et coûteux. En conséquence, avant de sélectionner et de faire des recherches dans une technologie de traitement des eaux usées, une analyse en termes de rendement des coûts doit être faite et comparée avec toutes les autres alternatives concevables. Les technologies qui seront sélectionnées devront être durables du point de vue de l'environnement, appropriées aux conditions locales, acceptables pour les usagers, et correspondre aux ressources disponibles de ceux qui vont les payer. Les solutions simples aisément réitérées, qui permettent les remises à jour avec les développements ultérieurs et qui peuvent être exploitées et entretenues par la communauté locale sont souvent considérées comme les plus appropriées et les plus avantageuses économiquement parlant. Le choix d'une technologie dépendra du type d'eaux usées. Dans les pays en voie de développement habituellement caractérisés par une densité de population élevée et un déficit notable en ressources hydriques disponibles, la technologie de traitement des eaux usées devant être adoptée pour les conditions locales dominantes constitue l'un des thèmes critiques qui doit être le mieux défini.

Pour l'application locale de techniques de traitement, des études doivent être entreprises incluant une évaluation détaillée des risques des facteurs microbiologiques, chimiques et biologiques, pour identifier les technologies, les usages ainsi que les instruments de contrôle nécessaires. Pour les installations régionales, ce niveau de traitement minimum est étendu pour inclure un traitement tertiaire. Pour ce faire, des règles et des régulations doivent être établies ou adaptées aux nouvelles spécifications de l'OMS (2006). Les agriculteurs devraient être impliqués dans le projet car ils peuvent tirer bénéfice de la réutilisation des eaux usées ou des boues. En effet, des eaux usées traitées de manière appropriée constituent une ressource précieuse qui peut être utilisée et pour laquelle l'agriculture pourrait être prioritaire.

Le manque de personnel disposant des compétences techniques et de gestion appropriées pour l'utilisation d'outils technologiques modernes et la mise en œuvre de stratégies de gestion modernes font partie des plus importantes difficultés pour atteindre les objectifs d'amélioration ainsi qu'un meilleur rendement des pratiques de gestion des eaux usées. Plus encore, il y a un besoin général de transformation des concepts d'amélioration du rendement et d'économie de l'eau dans les applications industrielles dans les politiques de mise en œuvre, dans les programmes et dans les actions sur le terrain dans les pays qui sont particulièrement affectés par les problèmes de manque d'eau tels que les zones arides et semi-arides du Sud méditerranéen et du Moyen-Orient.

Les technologies disponibles sont nombreuses et bien connues, mais il a été largement démontré que certaines eaux usées industrielles requièrent l'application de technologies de traitement in-



novantes. De surcroît, tout choix devrait reposer sur celles qui n'entraînent pas de coûts excessifs et offrent les meilleures pratiques et options en termes d'environnement.

Projets à court terme

- Planification, conception, construction et exploitation d'usines de traitement des eaux usées, de déversoirs maritimes et de réseaux de tout-à-l'égout
- Réhabilitation et remise à jour d'usines de traitement des eaux usées, de déversoirs maritimes et de réseaux de tout-à-l'égout préexistants
- Capacitation (aspects pratiques, paramètres d'exploitation, contrôle, amélioration des capacités d'analyse)
- Capacitation pour l'usage des compétences techniques et de gestion appropriées pour le rendement et l'économie de l'eau
- Législation pour le traitement des eaux usées, en utilisant l'approche combinée pour améliorer la qualité de l'eau

Projets à long terme

- Projets pour la gestion intégrée des eaux usées
- Contrôle de la qualité de l'eau et évaluation des risques environnementaux
- Développement de technologies innovantes pour le traitement des eaux usées ; recherche de technologies et transfert de technologies

3.3 Réutilisation des eaux usées

Le manque d'eau et la nécessité de protéger l'environnement ainsi que les ressources naturelles constituent les facteurs principaux menant les pays de la région méditerranéenne à introduire la réutilisation d'eaux usées traitées comme ressource supplémentaire dans leurs plans nationaux de gestion des ressources hydriques. Les types-clés de contraintes de telles pratiques sont les suivants :

- *Les contraintes financières* en rapport, par exemple, avec les coûts élevés des systèmes de traitement et des réseaux de tout-à-l'égout, les coûts élevés d'exploitation tout spécialement pour l'électricité, les faibles prix de l'eau douce comparée aux eaux usées traitées, la faible bonne volonté des usagers pour payer pour des eaux usées traitées.
- *Les impacts sur la santé et la sécurité environnementale*, tout particulièrement en rapport avec la détérioration de la structure des sols, l'augmentation de la salinité et l'excès d'azote.
- *Les standards et les réglementations*, qui sont dans certains cas trop stricts pour être respectés et, dans d'autres cas, inadéquats pour s'appliquer à certaines pratiques préexistantes de réutilisation.
- *Le contrôle et l'évaluation* dans les deux systèmes de traitement et de réutilisation, souvent en rapport avec le manque de personnel qualifié, le manque d'équipement de contrôle ou le coût élevé requis par les processus de contrôle.
- *Les contraintes techniques*, y compris, par exemple, une infrastructure insuffisante pour collecter et traiter les eaux usées, une mise en place inappropriée de l'infrastructure préexistante (qui n'a pas été conçue à des fins de réutilisation), le fonctionnement impropre de l'infrastructure préexistante, l'insuffisance de personnel compétent et qualifié.



- *L'implantation institutionnelle* et, tout particulièrement, la faible coordination aux niveaux importants intra- et inter-secteurs et le manque de capacité de personnel approprié.
- *Le manque d'engagement politique* et de *politiques* ou de *stratégies nationales* pour favoriser le traitement et la réutilisation des eaux usées.
- *La conscience et l'acceptation publique*, en rapport avec une faible implication et une acceptation limitée aussi bien des agriculteurs que des consommateurs de cultures de produits ayant poussé avec des eaux usées récupérées (et/ou des boues).

Les principaux domaines d'application des pratiques de réutilisation sont les suivants :

- l'irrigation pour l'agriculture et le paysage ;
- l'alimentation des nappes phréatiques ;
- l'usage direct ou indirect d'eau potable.

Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation agricole et du paysage

À cause de la nature même des eaux d'égout, des craintes ont été exprimées à propos de possibles risques associés aux effluents de la réutilisation. En évaluant ces risques, diverses voies pour la dissémination des polluants indésirables ont été examinées. Deux aspects de la réutilisation des eaux usées en agriculture sont devenus des sujets d'une importance prépondérante : les possibles risques pour la santé, d'une part, et les dommages potentiels pour l'environnement, d'autre part. Les considérations sanitaires sont centrées sur les organismes pathogènes qui sont, ou pourraient être, présents dans les effluents, et l'accroissement de matières toxiques dans le sol, et en conséquence dans les tissus végétaux et animaux qui pourraient éventuellement atteindre la chaîne alimentaire humaine. La fuite de matières telles que les nitrates et autres produits chimiques toxiques et solubles dans la nappe phréatique est aussi un sujet d'inquiétude. Les risques environnementaux englobent les effets de l'utilisation des eaux usées contenant des substances dissoutes ayant des effets délétères sur la croissance et le développement des plantes.

La réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation en agriculture a des avantages ainsi que des inconvénients.

Parmi les avantages, on compte les suivants.

- C'est une source supplémentaire d'eau d'irrigation.
- Elle permet une économie de l'eau de grande qualité pour d'autres usages.
- C'est une source d'alimentation en eau à faible coût.
- C'est une manière économique d'élimination des eaux usées, ainsi que de prévention de la pollution et des problèmes sanitaires.
- C'est une source fiable et constante.
- Elle permet l'utilisation effective des substances nutritives des plantes contenues dans les eaux usées, telles que l'azote et le phosphore.
- Elle constitue un traitement supplémentaire des eaux usées avant leur alimentation des nappes phréatiques.

Parmi les inconvénients, on compte les suivants.

- Les eaux usées non proprement traitées peuvent potentiellement créer des problèmes pour la santé publique.



- Elles constituent un risque potentiel de contamination chimique des nappes phréatiques.
- Certains des constituants solubles des eaux usées peuvent être toxiques pour la flore lorsqu'ils sont concentrés.
- Les eaux usées traitées peuvent contenir des solides en suspension à des niveaux tels que cela pourrait obturer les buses des systèmes d'irrigation de même que boucher les pores capillaires dans les sols.
- L'alimentation en eaux usées traitées est continue tout au long de l'année alors que la demande d'eau d'irrigation est saisonnière.
- La réutilisation des eaux usées traitées requiert un plus grand investissement en terrain et en équipement.
- Question-clé finale : Qui va payer l'addition ?

Réutilisation des eaux usées traitées pour l'alimentation des nappes souterraines

Les buts de l'alimentation des nappes souterraines utilisant des eaux usées traitées peuvent être :
Mettre en place des barrières contre l'intrusion de l'eau salée dans les aquifères côtiers.
Fournir un traitement ultérieur pour de futures réutilisations.
Augmenter les aquifères potables ou non potables.
Offrir un stockage d'eau traitée, ou contrôler ou encore prévenir l'affaissement du sol.

Parallèlement, l'alimentation des nappes souterraines aidera à apporter une perte d'identité entre eau traitée et eau de fond. Cette perte d'identité a un impact psychologique positif là où la réutilisation est envisagée et là où elle constitue un important facteur rendant l'eau traitée acceptable pour une large variété d'usages, y compris l'augmentation de la fourniture d'eau potable.

Réutilisation directe et indirecte des eaux usées traitées pour fournir de l'eau potable

La réutilisation directe des eaux usées pour obtenir de l'eau potable est nettement limitée ; la réutilisation indirecte dans le même but, par contre, est constante dans l'ensemble du monde. Toutefois, il serait nécessaire de développer une campagne éducative concernant l'usage de l'eau réutilisée pour la boisson. La réutilisation indirecte d'eau potable est plus acceptable pour le public que la réutilisation directe car l'eau perd son identité quand elle coule dans une rivière, dans un lac, ou dans une couche aquifère. La réutilisation indirecte, du fait du temps de résidence de l'eau dans les cours d'eau, les réservoirs ou les couches aquifères, apporte souvent un traitement supplémentaire et offre une occasion de contrôle de la qualité et de prise de mesure avant que l'eau ne soit mise à disposition pour sa distribution. Dans certaines situations, cependant, la qualité de l'eau peut être effectivement dégradée par son passage dans l'environnement.

Projets à court terme

- Planification, conception, construction et exploitation d'infrastructures pour la collecte et le traitement des eaux usées pour leur réutilisation
- Implantation institutionnelle (amélioration de la capacité du personnel)

Projets à long terme

- Planification et développement des systèmes d'irrigation régionaux utilisant de l'eau réutilisée



- Création de réseaux d'expertise
- Contrôle et évaluation de systèmes de réutilisation et évaluation du risque environnemental de différentes options de réutilisation
- Augmentation de la conscience et de l'acceptation publiques

3.4 Réutilisation des boues d'eaux d'égout

Réutilisation des boues d'eaux d'égout pour l'agriculture

La plupart des processus de traitement des eaux usées produisent des boues dont on doit se séparer. La réutilisation des boues dans l'agriculture apporte des substances nutritives bénéfiques pour les plantes. Les boues d'eaux d'égout contiennent aussi des bactéries pathogènes, des virus et des protozoaires de même que d'autres helminthes parasites qui peuvent potentiellement faire augmenter les risques sur la santé des humains, des animaux et des plantes. Par ailleurs, les boues d'eaux d'égout contiennent, en plus des matières organiques résiduelles, des traces de nombreux polluants utilisés dans notre société moderne. Certaines de ces substances peuvent être phytotoxiques et quelques-unes toxiques pour les humains et/ou les animaux et il est donc nécessaire de contrôler les concentrations dans les sols d'éléments potentiellement toxiques ainsi que leur taux d'application aux sols. À part ces composantes inquiétantes, les boues d'eaux d'égout contiennent aussi des concentrations utiles d'azote, de phosphore et de matière organique qui en font une ressource précieuse pour l'agriculture. La disponibilité du contenu de phosphore dans l'année d'application est environ de 50 % et elle est indépendante de tout traitement préalable des boues. La disponibilité d'azote dépend davantage du traitement des boues : les boues liquides non traitées et les boues traitées déshydratées relâchant l'azote lentement au profit des cultures réalisées sur une période relativement longue. Les boues liquides digérées en l'absence d'oxygène ont un contenu élevé en azote-ammoniacal qui est immédiatement disponible pour les plantes et qui peut être tout particulièrement bénéfique pour les herbages. La matière organique dans les boues peut améliorer la capacité de rétention de l'eau ainsi que la structure de certains sols, tout spécialement quand elles sont appliquées sous forme de tourteau de boue déshydratée.

Les autres options pour la réutilisation des boues comprennent :

- La réutilisation des boues d'eaux d'égout pour la production de biogaz ;
- La réutilisation des boues d'eaux d'égout pour la co-incinération et la cuisson ;
- La production de bio-solides ;
- Le compostage de boues d'eaux d'égout.

Projets à court terme

- Planification, conception, construction et exploitation d'installations pour le recyclage et le traitement des boues
- Capacitation et législation

Projets à long terme

- Contrôle de la qualité des boues et évaluation des risques environnementaux
- Développement de technologies innovantes pour le traitement des boues ; recherche de technologies et transfert de technologies



3.5 Irrigation

Au niveau mondial, l'eau est utilisée à 70 % par l'agriculture. Habituellement, l'eau est utilisée en irrigation avec un rendement très faible. Augmenter ce rendement permettrait de libérer de grandes quantités d'eau pour d'autres usages. D'autre part, les besoins présents et futurs pour alimenter une population croissante augmenteront les besoins pour l'irrigation. En conséquence, il est nécessaire d'améliorer les systèmes d'irrigation actuels et de planifier ainsi que de concevoir de nouveaux systèmes du point de vue du rendement. Ce faisant, on parviendra à une meilleure utilisation de l'eau dans l'irrigation, et il y aura par conséquent de grandes quantités d'eau disponibles pour les usages urbains et autres.

Les épisodes de manque d'eau dans les pays du Nord de la Méditerranée parallèlement à la vaste expérience des pays de l'Est méditerranéen ont mené à un grand développement des connaissances et à une expertise en ce qui concerne l'utilisation rentable de l'eau. Il serait par conséquent possible de combiner ces savoirs et de les appliquer aux projets en cours et à venir dans d'autres pays de la région méditerranéenne.

Projets à court terme

- Planification, conception, construction et exploitation de systèmes d'irrigation rentables
- Modernisation des systèmes d'irrigation préexistants (conversion des systèmes à gravité peu rentables en systèmes sous pression à haute rentabilité)
- Capacitation



4. CONCLUSIONS FINALES ET RECOMMANDATIONS

Ce document devrait constituer une étape supplémentaire vers la Stratégie à long terme pour l'eau en Méditerranée. À cet égard, l'économie d'eau, le manque d'eau, l'assainissement, la demande d'eau et la rentabilité des ressources hydriques non-conventionnelles sont des aspects-clés de la SEM dans la perspective du changement climatique.

Le manque de ressources hydriques et les besoins pour la protection de l'environnement et des ressources naturelles sont les facteurs principaux qui mènent les pays méditerranéens à introduire les eaux usées traitées comme ressources hydriques supplémentaires dans leurs plans nationaux de gestion des ressources hydriques. L'analyse des alternatives potentielles et des besoins indique qu'il n'y a pas une seule et unique solution pour remédier au manque d'eau parce que de multiples causes (ou agents stressants) requièrent de multiples solutions. Plusieurs options doivent être utilisées en tenant compte des ressources existantes. En particulier, dans le cadre du scénario de changement climatique, il faut envisager l'augmentation de la demande d'eau et la baisse des ressources. Il est donc nécessaire d'intégrer la qualité de l'eau dans la réutilisation des eaux usées et de mettre en œuvre une stratégie et une politique de promotion de la réutilisation. La sélection du système de traitement doit être basée sur le type de réutilisation possible. L'analyse coût-bénéfice devrait inclure les aspects socio-économiques et environnementaux. Enfin, il y a aussi un besoin important d'accentuer l'information de la communauté et des usagers finaux, et de développer des programmes éducatifs avec des zones pilotes pour chaque programme de réutilisation des eaux usées afin de mettre en évidence aussi bien les avantages que les inconvénients.

On peut conclure de tout cela que les systèmes d'eaux usées sont généralement capitalistiques et requièrent des opérateurs coûteux et spécialisés. Cet aspect prend une spéciale importance lorsqu'il s'agit d'appliquer de nouvelles techniques, par exemple des bioréacteurs à membrane, des traitements chimiques tertiaires par oxydation, ou des systèmes d'ultrafiltration et de nanofiltration pour obtenir une haute qualité d'eau réutilisable. En conséquence, avant de sélectionner et de faire des recherches dans les technologies de traitement des eaux usées, une analyse du rendement en termes de coûts doit être faite et comparée avec toutes les autres alternatives concevables, en tenant compte du fait que l'utilisation de l'énergie solaire réduira significativement les coûts d'exploitation dans les pays méditerranéens du fait des conditions de climat favorables. La sélection des technologies ne devrait pas être seulement durable du point de vue de l'environnement mais principalement appropriée aux conditions locales, acceptable pour les usagers, et correspondre aux ressources disponibles de ceux qui vont les payer. La capacitation et le contrôle de la performance des nouvelles infrastructures sont aussi des aspects à prendre en compte.

Ces considérations mises à part, certains aspects demeurent insuffisamment pris en compte, ce qui donne davantage de travail pour l'avenir. Parmi ceux-ci, on peut trouver les aspects eau-énergie : les interactions entre l'eau et l'énergie sont nombreuses, en effet, et deviennent de plus en plus importantes dans le contexte énergétique actuel. Il est important de développer une meilleure compréhension de ces interactions afin d'améliorer la durabilité de la gestion mondiale de l'eau.

Les aspects-clés devant être considérés sont indiqués ci-dessous :

- Travailler pour une culture de l'économie de l'eau et du rendement est essentiel. Ceci requiert une conscience publique active de la part des citoyens et des secteurs économiques.



Les économies potentielles peuvent être stabilisées à l'avenir et étendues aux besoins domestiques et agricoles. Développer les économies d'eau dans l'irrigation, dans le cadre d'une planification générale pour les nécessités économiques de l'ensemble du territoire, est essentiel. Cette politique ne contribue pas seulement à réduire la contrainte sur l'eau mais, du fait de la connexion changement climatique-eau-énergie, elle permettra aussi d'économiser l'énergie et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

- Développer des cadres économiques et légaux durables et souples est de la plus haute importance pour assurer des solutions à long terme pour les thèmes de l'eau et de l'assainissement. Cela ouvrira en outre la possibilité de développer des partenariats public-privé et améliorera le rendement général des services associés au cycle de l'eau.
- La gestion stratégique des actifs de l'alimentation en eau ainsi que des infrastructures des eaux usées est de la plus haute importance afin de parvenir à une politique durable des économies d'eau. En fait, la longueur des canalisations de distribution qui fournissent l'eau aux 82 millions de personnes vivant dans les villes de la côte méditerranéenne devrait être de l'ordre de 300 000 km pour une valeur nominale de 60 milliards d'euros ; et ce chiffre ne comprend pas les systèmes de tout-à-l'égout ni les usines de traitement des eaux et des eaux usées. Du fait que toute cette infrastructure a sa propre vie technique, il est souvent plus important d'identifier et de concentrer l'investissement sur les actifs critiques que de construire de nouvelles infrastructures.
- La construction institutionnelle. Alors qu'il est hors de question de nier que l'eau doit être gérée de manière intégrée, avec le temps les compétences et les responsabilités en matière d'eau sont de plus en plus atomisées et divisées entre un trop grand nombre d'organismes différents. Ceci constitue un problème majeur parce que les décisions ne sont pas prises, habituellement, de manière coordonnée. Façonner le comportement humain est beaucoup plus difficile que modeler tout autre système physique complexe. De ce fait, ce thème n'est pas facile à traiter et les politiciens tendent à l'esquiver mais c'est pourtant la seule clé qui permettra d'ouvrir la porte de la gouvernance et, par la suite, d'une politique de l'eau durable et respectueuse de l'environnement.
- La désalinisation est une option courante pour obtenir des ressources hydriques qui peuvent apporter une source d'eau pouvant être considérée comme indépendante des changements climatiques potentiels. Toutefois, les besoins d'énergie et les coûts sont élevés, même si les chercheurs sont en train de développer des usines de désalinisation fonctionnant à l'énergie solaire. En conséquence, la désalinisation ne devrait pas être considérée comme la seule option. Des entreprises espagnoles sont déjà en train de diriger la construction de nouvelles usines de désalinisation dans différents pays méditerranéens. Dans tous les cas, une analyse coûts-bénéfices rationnelle des différentes solutions possibles aidera le processus de prise de décision.
- La réutilisation des eaux d'égout traitées peut être considérée comme une source d'eau adéquate pour les usages urbains, touristiques et agricoles. Une fois que les traitements tertiaires appropriés pour ces usages ont été effectués et acceptés par les usagers, une étape suivante devrait être franchie dans laquelle, avec un traitement approprié, les eaux d'égout pour-



BARCELONA
Euromed Forum

**Union for the Mediterranean:
Projects for the Future**

BARCELONA, 5-11-2009 CASA LLOTJA DE MAR

ront même être utilisées, mêlées à des eaux de rivière ou de fond dans certains cas, comme eau de boisson. Il existe plusieurs techniques adéquates pour l'amélioration de la qualité chimique et microbiologique qui pourraient aider à permettre ces usages. En outre, l'usage croissant des eaux usées pour l'irrigation aidera certainement à faire baisser le degré d'exploitation des eaux souterraines empêchant par ce faire l'intrusion de l'eau de mer dans les zones côtières. Cependant, toutes les solutions sont liées à l'énergie disponible, ce qui constitue parfois une limitation critique. La perception publique a aussi besoin d'être améliorée en ce qui concerne cette source d'eau. Plusieurs compagnies des eaux ont une vaste expérience quant à la construction et la gestion d'usines de traitement des eaux usées acquise pendant la mise en œuvre de la directive 91/271/CE et de la DCE. Il ne devrait pas être si difficile pour l'Espagne de prendre la tête dans ce domaine de la même manière qu'elle dirige aujourd'hui les projets de désalinisation dans la Méditerranée. D'autres aspects dans lesquels les compagnies des eaux espagnoles seront compétitives en Europe sont l'alimentation en eau potable (du fait de la mise en œuvre de la directive 98/83/CE sur l'eau potable) et la gestion des infrastructures d'eau en général, y compris de l'eau pour l'agriculture.