

## L'eau recyclée : une ressource fiable pour stimuler l'autosuffisance

**Rafael Mujeriego Sahuquillo**

1. Introduction	1
2. Réutilisation planifiée	2
3. Avantages de la réutilisation de l'eau	3
4. Exigences de la réutilisation planifiée	4
5. Fiabilité du processus de recyclage	6
6. Types de réutilisation	6
7. Coût de la réutilisation planifiée en Espagne	8
8. Gestion socioéconomique de la réutilisation	11
9. Réutilisation indirecte sous forme d'eau potable	13
10. Utilisations pratiques de l'eau recyclée	15
11. Conclusions	18
12. Remerciements	19

La **Fundació Agbar** a comme objectif principal la promotion des valeurs différenciées du compagnie Agbar, tels que le compromis avec l'environnement, la matérialisation de standards de qualité maximums, le progrès technique et la volonté de service. À travers l'éducation, la conscientisation et le dialogue, nous voulons former le lien avec la Société dans la transmission d'une vision de l'eau orientée vers la connaissance et vers le futur. Pour cela, la Fondation s'approche aux usagers et aux citoyens avec la promotion du développement durable, la recherche, la réflexion et la diffusion du savoir sur l'Eau.

## L'eau recyclée : une ressource fiable pour stimuler l'autosuffisance

**Rafael Mujeriego Sahuquillo** Titulaire d'un doctorat en ingénierie soutenu à l'Université de Californie (Berkeley, 1976), Rafael Mujeriego Sahuquillo est, depuis 1986, professeur d'ingénierie environnementale à l'École technique supérieure des ponts et chaussées (ETSICC), rattachée à l'Université polytechnique de Catalogne (UPC).

Il est actuellement président du Conseil pour une utilisation durable de l'eau, rattaché au ministère catalan de l'Environnement et du Logement, en sa qualité de conseiller technique auprès du ministre catalan de l'Environnement et du Logement. Il est également président de l'Association espagnole pour une réutilisation durable de l'eau, qui coopère étroitement avec la Direction générale de l'eau du ministère espagnol de l'Environnement et du milieu rural et marin.

© Fundació Agbar, 2010

La Fundació Agbar a choisi ce texte en reconnaissant son intérêt général et sa contribution au débat sur l'Eau. Cependant, la responsabilité des opinions formulées dans cette publication correspond exclusivement à son auteur et la Fundació Agbar ne s'identifie nécessairement pas avec son contenu.

Cette publication a été faite avec un papier Cyclus 100% recyclé, sans chlore ni blanchisseurs. Avec ce genre d'initiatives, la Fundació Agbar veut promouvoir l'utilisation de papier recyclé dans ses bureaux, selon le compromis de respect à l'environnement que la compagnie Agbar a recueilli dans son Code Environnemental Corporatif.

Photographies : Lluís Sala, Consorcio Costa Brava (CCB)

Edition : Ormobook

Mise en page : Ormograf

Impression : Ormoprint



**Fundació Agbar**

Ctra. de Sant Joan Despí, 1  
Tel 93 342 35 00

08940 Cornellà de Llobregat  
Fax 93 342 35 31

Barcelona Spain  
[www.fundacioagbar.org](http://www.fundacioagbar.org)

## 1. Introduction

L'approche que nous avons aujourd'hui de l'environnement, considéré désormais, aussi bien d'un point de vue juridique que pratique, comme un usager de plein droit des ressources hydriques, est en train de modifier substantiellement tant notre perception traditionnelle et anthropocentrique de nos sources d'eau habituelles (les fleuves, les rivières et les aquifères) que leur gestion. À la nécessité de garantir la qualité chimique et sanitaire de nos approvisionnements, apparue au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle avec le traitement de l'eau potable, est venue s'ajouter, au XX<sup>e</sup> siècle, la nécessité de traiter nos effluents pour permettre que la qualité des débits circulants soit compatible avec les besoins des consommateurs situés en aval.

Le début du XXI<sup>e</sup> siècle s'inscrit dans la même perspective : on s'attache aussi bien à maintenir le niveau de qualité de l'eau des fleuves, des rivières et des aquifères qu'à conserver un débit circulant identique en différents points du parcours de l'eau et à tout moment de l'année. La gestion intégrée au niveau des bassins hydrographiques est un impératif juridique (directive 2000/60/CE) dont la mise en œuvre peut s'appuyer sur de nombreux instruments, allant de l'utilisation efficace à l'économie des ressources en eau, en passant par la réglementation, les changements d'utilisation, le recyclage, la réutilisation et le desalement des eaux saumâtres et salines.

La réutilisation est une composante intrinsèque du cycle naturel de l'eau. Avec le déversement d'effluents épurés dans les cours d'eau et leur dilution dans le débit circulant, les eaux résiduelles épurées ont été réutilisées de façon incidente, en aval, pour des approvisionnements urbains, agricoles et industriels. L'origine de la réutilisation directe ou planifiée de l'eau à grande échelle est plus récente (milieu du XX<sup>e</sup> siècle). Elle consiste à exploiter directement les effluents, avec un niveau plus ou moins important de recyclage, en transportant l'eau jusqu'au point d'utilisation grâce à un conduit spécifique, sans passer pour cela par un déversement ou une dilution dans un cours d'eau naturel.

Le développement significatif de la réutilisation planifiée de l'eau, notamment dans des pays où les ressources hydriques sont suffisantes, répond à deux besoins essentiels : celui d'accroître l'approvisionnement en eau et celui d'améliorer les formes de gestion des déversements d'eau épurée. L'accroissement des volumes d'eau de distribution et l'augmentation de la population observés dans de nombreuses zones urbaines, associés à l'accentuation de la fragilité environnementale des cours d'eau naturels, ont abouti à une situation

où les sources d'approvisionnement traditionnelles ne suffisent plus pour satisfaire la demande en eau. Les distances de plus en plus importantes entre les nouvelles sources d'approvisionnement et les centres urbains, les contraintes environnementales liées à la construction de nouveaux barrages et les sécheresses pluriannuelles ont incité de nombreuses villes à s'interroger sur l'opportunité d'utiliser une eau recyclée comme source additionnelle pour des utilisations n'exigeant pas la qualité de l'eau potable. Par ailleurs, les exigences sanitaires et environnementales toujours plus contraignantes quant à la qualité des eaux continentales et des eaux de mer, associées aux impératifs de lieu et de niveau de traitement toujours plus stricts quant aux déversements d'eaux épurées, renforcent la solution de l'eau recyclée comme source alternative d'approvisionnement économique et sûre d'un point de vue tant sanitaire qu'environnemental.

L'objectif du présent article est d'analyser le rôle du recyclage et de la réutilisation planifiée des effluents dans la gestion intégrée des ressources hydriques. Il vise à déterminer leur capacité à favoriser l'autosuffisance hydrique de zones semi-arides ou souffrant de déficits chroniques, comme les bassins de l'arrière-pays catalan ou, plus encore, la communauté urbaine de Barcelone. Les objectifs spécifiques de cet article sont les suivants : décrire le cadre conceptuel de la réutilisation planifiée ; analyser les avantages et exigences de la réutilisation planifiée ; présenter les différentes utilisations de l'eau recyclée ; évaluer le coût de la réutilisation planifiée dans la gestion intégrée des ressources hydriques en Espagne ; analyser les prérequis socioéconomiques à la réutilisation planifiée en Espagne ; décrire les initiatives pionnières et novatrices de réutilisation indirecte sous forme d'eau potable ; et proposer diverses applications pratiques visant à mettre en avant le rôle de la réutilisation planifiée dans la gestion intégrée de l'eau.

## 2. Réutilisation planifiée

On nomme le processus de traitement nécessaire pour pouvoir réutiliser l'eau épurée *recyclage*, et le résultat d'un tel processus *eau recyclée*. Le recyclage de l'eau consiste à lui rendre, totalement ou partiellement, le niveau de qualité qu'elle avait avant d'être utilisée. On la « régénère », de la même façon que la régénération de sols ou de plages vise à leur rendre l'état et la forme qu'ils avaient dans le passé (Asano *et al.*, 2006 ; Mujeriego, 1990, 2007).

La mise en œuvre d'un projet de recyclage de l'eau doit respecter deux conditions préalables essentielles et complémentaires : définir les niveaux de

qualité acceptables pour chacune des utilisations possibles de l'eau recyclée et identifier les processus de traitement recommandés afin d'atteindre les niveaux de qualité requis pour l'eau recyclée destinée à chacune des utilisations prévues.

La réutilisation de l'eau recyclée consiste à la mettre à la disposition de l'utilisateur pour qu'il puisse l'utiliser aux fins envisagées. En principe, il faut, pour utiliser une eau recyclée, la transporter de la station d'épuration au lieu d'utilisation, la stocker ou adapter le débit de sortie de la station d'épuration aux débits consommés par les utilisateurs et, enfin, définir des règles d'utilisation de cette eau (bonnes pratiques d'utilisation) qui permettent de minimiser les risques potentiels directs ou indirects pour l'environnement, pour les personnes qui l'utilisent, pour la population environnante et pour les consommateurs de tout produit cultivé grâce à de l'eau recyclée. Ces trois éléments techniques sont au cœur de tout programme de réutilisation planifiée de l'eau.

### 3. Avantages de la réutilisation de l'eau

L'équilibre hydrique d'une zone géographique est la différence entre l'apport annuel d'eau – précipitations, apport des fleuves, des rivières et des aquifères ou transvasement d'autres bassins – et les pertes annuelles d'eau – ou pertes irrécupérables, dans l'atmosphère ou dans les mers et les océans. Toute initiative de conservation de l'eau ou de limitation de ces pertes améliore sa disponibilité tout au long de l'année. Aussi le recyclage et la réutilisation n'auront pour résultat un accroissement réel des ressources hydriques exploitables dans une zone donnée que si l'eau s'y perd irrémédiablement dans la mer, soit par déversement depuis une ville côtière, soit par évapotranspiration dans l'intérieur des terres (Pettygrove et Asano, 1984 ; Mujeriego, 1990).

La réutilisation planifiée de l'eau présente plusieurs avantages, dont les suivants :

1. Obtention d'une nouvelle source d'approvisionnement en eau, capable d'apporter des ressources hydriques additionnelles, que ce soit sous forme de ressources nettes ou de ressources alternatives, qui permettent de libérer des ressources en eau de meilleure qualité et, ainsi, de les destiner à des utilisations plus exigeantes, comme la distribution d'eau potable.
2. Diminution des coûts de traitement et de rejet des eaux épurées.
3. Réduction de l'apport de particules polluantes dans les cours d'eau naturels, notamment en cas de réutilisation agricole, horticole ou forestière.

4. Ajournement, réduction, voire suppression des installations supplémentaires éventuellement nécessaires pour rendre l'eau de consommation potable.
5. Économies d'énergie, en se passant d'apports supplémentaires d'eau depuis des zones plus lointaines que celle de l'usine d'épuration.
6. Réduction des émissions de dioxyde de carbone en raison d'une consommation énergétique moindre.
7. Mise à profit des éléments nutritifs contenus dans l'eau, notamment lorsque l'eau recyclée est utilisée pour l'irrigation agricole et horticole.
8. Meilleure garantie d'approvisionnement. Les débits d'eau épurée sont beaucoup plus sûrs que la plupart de ceux des sources naturelles, notamment dans les zones semi-arides comme les régions espagnoles méditerranéennes.

En somme, la réutilisation planifiée offre une garantie d'approvisionnement très supérieure aux sources conventionnelles, avec des débits constants, y compris en période estivale, permettant de véhiculer les nutriments (azote et phosphore) contenus dans l'eau recyclée et favorisant une gestion plus efficace des ressources hydriques en facilitant l'utilisation de l'eau brute pour la distribution publique. Le fait que ces débits d'eau recyclée soient situés à proximité des communautés urbaines (aux portes des villes) rend possible un approvisionnement local fiable et permet d'accroître le degré d'autosuffisance hydrique de ces collectivités.

La réutilisation planifiée, associée à la régulation au moyen de barrages de dérivation et d'aquifères, et l'utilisation efficace de l'eau sont des éléments clés pour la gestion intégrée des ressources dans les zones semi-arides comme celles du sud de la Californie (Mujeriego, 2004).

#### 4. Exigences de la réutilisation planifiée

L'un des facteurs déterminants de la mise en œuvre et du développement de la réutilisation planifiée de l'eau est la définition de standards de qualité de l'eau recyclée pour chacune des utilisations possibles envisagées. L'approbation du décret R.D. 1620/2007, qui fixe le régime juridique de la réutilisation de l'eau et les standards de qualité y afférents, est un élément essentiel pour le développement coordonné de cette activité en Espagne. Tandis que le régime juridique applicable à la gestion de l'eau recyclée s'inscrit dans le champ de compé-

tences d'organismes de bassin – les confédérations hydrographiques espagnoles actuelles –, comme l'impose la directive-cadre sur l'eau (directive 2000/60/CE), les limites de qualité applicables à l'eau recyclée pour ses utilisations possibles reposent principalement sur les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé et de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis déjà adoptées et mises en application dans plusieurs communautés autonomes, comme la Catalogne, le Pays basque, les Baléares et l'Andalousie, dans le cadre de la mise en œuvre, ces vingt dernières années, de projets de réutilisation.

Le transport de l'eau recyclée de la station d'épuration au point de réutilisation est, bien entendu, au cœur de tout projet de réutilisation. Par ailleurs, les normes d'utilisation de l'eau recyclée sont une composante essentielle de toute stratégie de protection de la qualité environnementale et de la santé publique. En général, plus le niveau de qualité de l'eau recyclée est élevé, moins les contraintes liées à son utilisation, en raison de son contact possible avec des personnes, des animaux ou des produits comestibles, sont fortes.

Les autorités sanitaires portent une attention particulière à l'élaboration de normes d'utilisation de l'eau recyclée, et parmi celles-ci : la signalisation par des affiches visibles indiquant le type d'eau utilisée, l'adoption généralisée du violet pour les conduits et dispositifs de contrôle, l'installation de dispositifs anti-retour, l'inspection des connexions du réseau d'eau recyclée, les contraintes horaires pour l'irrigation et l'arrosage, l'interdiction d'installer des robinets extérieurs ainsi que le recours à des tailles de conduits et bouches de connexion de tuyau différentes de celles utilisées pour l'eau de distribution publique.

L'accumulation croissante des contrôles de qualité concernant à la fois la production et la distribution de l'eau recyclée est encouragée par un changement de stratégie en matière de réglementation visant à un contrôle total de la qualité de l'eau : la mise en œuvre de processus successifs et complémentaires (barrières multiples), tout en étant extrêmement fiables, permet d'obtenir un produit (l'eau recyclée) de grande qualité tout en garantissant la protection sanitaire et environnementale quelles que soient les utilisations et entraîne une réduction des coûts financiers et de la main-d'œuvre nécessaires à l'analyse et au suivi.

L'adoption d'une stratégie de qualité totale de l'eau recyclée renforce le statut du recyclage et de la réutilisation comme éléments de gestion clairement différents, bien que complémentaires, de l'épuration et du déversement d'effluents, notamment en ce qui concerne l'affectation des coûts de mise en œuvre, mais aussi d'exploitation et de maintenance des projets : le recyclage et la réutilisation sont

liés au développement de nouvelles ressources hydriques, additionnelles et non conventionnelles, tandis que l'épuration et le déversement sont liés à la protection environnementale des milieux récepteurs et régis par des réglementations techniques et fiscales spécifiques.

## 5. Fiabilité du processus de recyclage

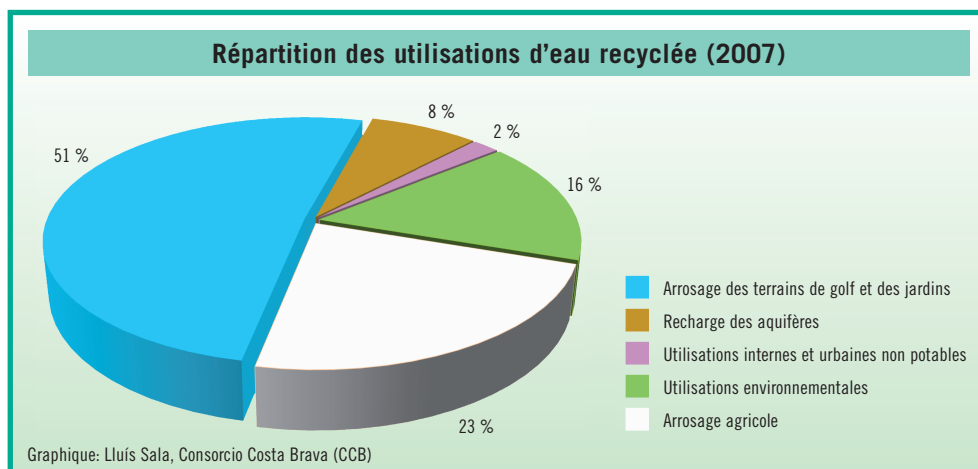
L'une des exigences spécifiques des projets de recyclage de l'eau est la nécessité de garantir au mieux la fiabilité du processus de traitement et la gestion adéquate du système de réutilisation. Le fait que la réutilisation soit généralement considérée comme l'unique source alternative pour l'utilisation envisagée, sans la protection qu'offre la dilution dans une eau de meilleure qualité, et, surtout, le fait que la réutilisation va souvent de pair avec la possibilité de contact direct avec des personnes, des animaux ou des plantes – dont la santé ou le développement peut s'en trouver affecté – rendent essentielle la fiabilité des stations de recyclage et en font un élément fondamental de la conception, de l'exploitation et de la maintenance desdites stations.

En somme, le recyclage est actuellement considéré comme un processus visant à obtenir un produit de qualité, dans une démarche très similaire à celle adoptée pour la potabilisation de l'eau de distribution publique. Cette nouvelle façon d'envisager le recyclage a converti la réutilisation planifiée en élément essentiel de la gestion intégrée des ressources hydriques.

La sensibilité croissante aux problèmes de l'environnement et, surtout, la sensibilité des populations en contact possible avec l'eau recyclée à d'éventuels problèmes de santé poussent à faire en sorte que la qualité sanitaire de cette eau recyclée se rapproche de plus en plus, notamment dans les pays développés, de la « qualité analytique » de l'eau potable, sans que, toutefois, cela n'implique la consommation humaine de l'eau recyclée. Cette adaptation est particulièrement évidente dans les projets pionniers de réutilisation indirecte sous forme d'eau potable, dans lesquels l'eau recyclée est rendue à son milieu naturel (en maintenant les niveaux de qualité) pour pouvoir être utilisée plus tard comme matière première pour la production d'eau potable.

## 6. Types de réutilisation

Les utilisations de l'eau recyclée sont multiples : utilisations urbaines (jardins, lutte contre les incendies, nettoyage des rues et lavage des véhicules) ; utilisations industrielles (réfrigération, lavage de wagons) ; irrigation agricole, horticole

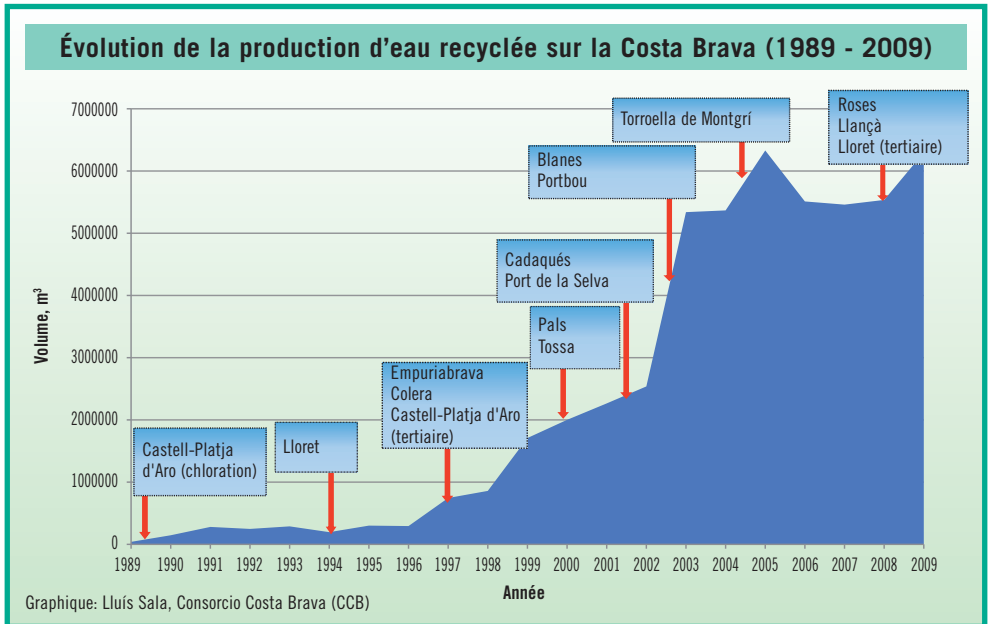


Graphique 1

et forestière ; utilisations ornementales et récréatives ; amélioration et préservation de l'environnement ; réapprovisionnement des aquifères. La réutilisation agricole et horticole est la plus répandue, tant pour la culture maraîchère (consommation directe) que pour la culture de produits traités après la récolte (céréales, agrumes et vignobles), que ce soit pour l'arrosage, le micro-arrosage et le goutte-à-goutte ou pour l'irrigation par inondation (voir graphique 1).

Étant donné le contact possible ou l'éventuelle ingestion de l'eau recyclée par l'homme, la réutilisation est classée en deux catégories : réutilisation pour utilisation comme eau potable et réutilisation pour utilisation comme eau non potable. La première catégorie regroupe les utilisations pour lesquelles l'eau recyclée peut être ingérée par l'homme à tout moment et la seconde regroupe toutes les autres. Il convient de signaler que, à ce jour, les projets de recyclage pour utilisation comme eau non potable sont les projets les plus développés et les plus répandus dans le monde. Ils sont devenus très fiables et sont bien acceptés par les utilisateurs et le grand public. C'est notamment le cas dans les zones semi-arides des pays développés, où les ressources hydriques sont de plus en plus limitées et irrégulières et où la protection de l'environnement est une extrême priorité.

La réutilisation planifiée mise en place par le Consortium de la Costa Brava est, à ce titre, exemplaire, tant en matière de capacité de recyclage qu'en matière de débits recyclés (en valeur absolue et relative), puisque, sur l'année 2007, on a atteint 5,5 hm<sup>3</sup>/an d'eau réutilisée sur un volume total de 30 hm<sup>3</sup> d'eau épurée (soit 18 %) dans les stations dépendant du Consortium. Le graphique 2 montre l'évolution historique de la réutilisation de l'eau par le Consortium de la Costa Brava depuis 1989, l'année où elle est devenue un élément à part entière



Graphique 2

de la gestion des ressources hydriques. Parallèlement, en Californie, en 2003, la réutilisation planifiée a atteint un débit de 670 hm<sup>3</sup>/an (pour 495 hm<sup>3</sup>/an en 2000 et 330 hm<sup>3</sup>/an en 1987). Par ailleurs, la capacité de recyclage de l'eau en Floride s'élève à 1 900 hm<sup>3</sup>/an – en 2006, la Floride avait atteint un niveau de réutilisation de 915 hm<sup>3</sup>/an, contre 810 hm<sup>3</sup>/an en 2001.

Comme nous pouvons le constater, les débits d'eau recyclée réutilisés chaque année dans ces zones géographiques sont élevés. Bien que le pourcentage de réutilisation se situe autour de 10 % pour l'ensemble de la Californie, la part de réutilisation dans des cadres régionaux plus restreints de ce même État peut dépasser les 30 %, notamment dans les zones semi-arides du sud. Par conséquent, les 18 % atteints par le Consortium de la Costa Brava entre 2007 et 2009 se situent dans le haut de l'échelle.

## 7. Coût de la réutilisation planifiée en Espagne

Le lancement de divers projets de réutilisation pour l'irrigation agricole et horticole, promus par le Consortium de la Costa Brava depuis 1985, et l'inauguration de la station de recyclage de l'eau de Vitoria-Gasteiz, en 1995, à l'initiative de la Communauté des irrigants d'Arrato et financée par le Conseil provincial d'Álava, ont été les événements les plus marquants de la première décennie du processus de mise en œuvre de la réutilisation planifiée en Espagne. La princi-

pale réussite de cette étape a été de pouvoir démontrer que l'Espagne dispose d'un savoir-faire et d'une maîtrise technologique lui permettant de produire une eau recyclée de qualité comparable à celle d'autres pays pionniers et de l'exploiter efficacement pour irriguer ou arroser les jardins et les cultures, tant pour la consommation directe que dans une optique industrielle.

En 2004, l'achèvement du premier barrage de régulation des eaux recyclées dans le cadre du projet de gestion intégrée de Vitoria-Gasteiz et l'expansion de plusieurs projets de réutilisation sur la Costa Brava et dans d'autres régions d'Espagne ont marqué la deuxième décennie du processus de développement de la réutilisation planifiée. La réussite la plus marquante de cette deuxième phase a été de pouvoir parvenir à ce que le coût réel du recyclage et de la réutilisation d'un niveau de qualité et de gestion intégrée comparable à celui des pays chef de file dans ce domaine soit ramené au niveau atteint par ces mêmes pays. Les données les plus récentes, fournies par les responsables de l'exploitation de la station de recyclage de l'eau de Vitoria-Gasteiz (Julio López, communication personnelle, 2006), confirment le coût de référence initial de 0,06 €/m<sup>3</sup> d'eau recyclée en Espagne. En outre, le barrage de régulation de Vitoria-Gasteiz, d'une capacité de 7 hm<sup>3</sup>, a représenté un investissement de 11,8 millions d'euros pour le Conseil provincial d'Álava, soit 1,7 €/m<sup>3</sup> (Mujeriego et López, 2008).

Ces chiffres indiquent que les principales exigences économiques sont liées à la réutilisation (distribution à l'utilisateur), tandis que le coût de la station de recyclage et, surtout, le coût d'exploitation et celui de la maintenance sont, comparativement, très inférieurs.

Le facteur limitant l'expansion des projets de recyclage, en Espagne, est précisément l'absence de cadre de gestion intégrée permettant d'envisager le coût du processus et ses avantages directs et indirects (effets externes) de façon conjointe. Il est désormais admis que ces projets sont majoritairement très bien accueillis par les usagers et que la perception qu'en a la population est très positive, notamment pour l'arrosage des jardins et des terrains de golf ou pour la protection de l'environnement. Il est évident que l'objectif à atteindre pour la troisième décennie, commencée en 2005, sera de faire de la réutilisation planifiée un nouvel élément, à part entière, de la gestion intégrée des ressources hydriques, notamment grâce à des accords entre usagers urbains, usagers agricoles et usagers récréatifs.

Le tableau 1 indique le montant des investissements et la consommation d'énergie qu'impliquent actuellement le recyclage, la régulation par barrage de dérivation et le dessalement des eaux saumâtres et salines. Les valeurs

**Montant des investissements et coût énergétique des diverses alternatives de gestion. Consortium de la Costa Brava, Vitoria, Aigües Ter Llobregat (ATLL), Palma de Majorque, Taibilla, Málaga, Belgique, Californie / Orange County Water District (OCWD)**

Alternative	Investissement en €/m <sup>3</sup> par an	Amortissement (années)	Énergie, kWh/m <sup>3</sup>
Recyclage (irrigation/arrosage sans restriction)	0,26 (Vitoria, 1995)	15-25	0,001-0,73 (Sala et Serra, 2004)
Régulation (par dérivation)	1,7 (Vitoria, 2004)	> 100	—
(par aquifère)	2,0 \$ (Californie, 2000)	> 100	—
	0,86 \$ (Californie, 2005)	25	—
Transfert rhodanien (ATLL, 1999)	2,8 (900 millions d'€ 325 hm <sup>3</sup> )	50	1,7-2,0
(Estimation 2009)	3,9 (1.270 millions d'€ 325 hm <sup>3</sup> )		
Dessalement des eaux saumâtres	0,9 (Málaga, 2005-2006)	5 (membranes)	0,8
Recyclage potable	2,4 € (Belgique)	15-20 (travaux et équipements)	—
Recyclage potable	3,4 \$ (2,6 €) (OCWD, 2008)		—
Dessalement de l'eau de mer (Blanes, Barcelone, Majorque, Taibilla)	3,0-4,0	5 (membranes)	3,5-4,0

Tableau 1

indiquées pour le recyclage de l'eau correspondent aux niveaux de qualité adéquats pour une utilisation agricole et pour les jardins, avec une qualité suffisante pour garantir un niveau de protection de l'environnement et de la santé publique comparable à celui de l'eau potable. Son utilisation est donc possible sans restriction due au contact possible de l'eau avec l'homme et les cultures. Les données sur la déminéralisation des eaux saumâtres correspondent aux coûts associés au recyclage avancé de l'eau pour sa réutilisation indirecte sous forme d'eau potable.

Le tableau 1 montre l'accroissement du montant des investissements à mesure que l'on passe du recyclage à la régulation et au dessalement. Si l'on ajoute à cela la période d'amortissement, il apparaît clairement que les coûts unitaires de la régulation sont les moins importants, suivis de ceux du recyclage puis de ceux du dessalement. Évidemment, l'estimation complète de la réutilisation suppose de tenir compte du montant des investissements éventuellement nécessaires au niveau du réseau de distribution. On envisage donc l'expansion des projets de réutilisation de façon progressive, en « tache d'huile », en prenant d'abord en compte les groupes d'utilisateurs dont la consommation est la plus importante ou ceux qui sont les plus proches de la station de recyclage.

La consommation d'énergie est aussi clairement distincte d'une alternative à l'autre. Alors que le recyclage de base affiche une consommation unitaire inférieure à 1 kWh/m<sup>3</sup>, la déminéralisation des eaux saumâtres et salines atteint généralement des valeurs proches de 1 et 4 kWh/m<sup>3</sup>, respectivement. D'autant qu'en plus du coût financier, il convient de tenir compte de l'impact environnemental de ces niveaux de consommation électrique. Étant donné qu'en Espagne, les émissions moyennes de dioxyde de carbone sont d'environ 460 g/kWh et que le droit d'émission est d'environ 20 €/t, chaque kilowattheure consommé ajoute un coût environnemental additionnel pouvant atteindre 0,01 €/m<sup>3</sup> à l'eau recyclée (recyclage de base et avancé) et de 0,04 €/m<sup>3</sup> à l'eau de mer dessalée.

## 8. Gestion socioéconomique de la réutilisation

Les épisodes de sécheresse à répétition suscitent d'importantes tensions entre les différents usagers des ressources hydriques, tensions qui stimulent l'intérêt de chacun envers les sources non conventionnelles susceptibles d'apporter des solutions bien plus fiables au défaut de ressources conventionnelles. La priorité accordée par la réglementation espagnole à la consommation humaine sur les autres utilisations a déclenché de vifs débats entre utilisateurs urbains et utilisateurs agricoles sur la gestion des mesures d'atténuation des effets des sécheresses espagnoles en 2005 et 2008 – notamment dans certaines communautés autonomes, dont la Catalogne, la Communauté valencienne, la région de Murcie, l'Andalousie et la région de Madrid. Ces débats ont suscité un intérêt nouveau pour la réutilisation planifiée comme moyen de résoudre le manque d'eau conjoncturel ou permanent.

La fixation du prix et du coût de l'eau recyclée est un processus déterminant pour le bon déroulement de tout programme de réutilisation planifiée. Ce processus est complexe, principalement parce qu'il est plus coûteux de fournir de l'eau recyclée que d'entretenir une distribution d'eau potable, et cela alors que l'eau recyclée de base est d'une qualité inférieure à celle de l'eau potable (Cuthbert et Hajnosz, 1999). Tandis que les coûts de distribution d'eau potable dépendent généralement d'investissements passés, les projets d'approvisionnement en eau recyclée s'accompagnent d'investissements et d'un régime d'exploitation et de maintenance qui, selon les méthodes traditionnelles d'affectation des coûts, rendent le coût de l'eau recyclée égal, voire supérieur, à celui de la distribution publique à partir des sources existantes.

Le dilemme, dans ce cas, est évident : facturer l'eau recyclée à prix coûtant n'incite généralement pas les usagers à l'utiliser ; pourtant, si l'eau recyclée est

facturée à un prix inférieur à son coût de production, une compensation par d'autres sources de revenus est nécessaire. La question qui se pose est donc de savoir qui doit prendre en charge ces dépenses et dans quelles proportions. Cela étant, eu égard aux avantages à long terme de l'eau recyclée, de nombreux services publics de distribution d'eau potable et d'approvisionnement en eau d'irrigation ou d'arrosage mettent en avant son utilisation.

La réutilisation planifiée de l'eau prend une nouvelle dimension si l'on s'écarte quelque peu du point de vue traditionnel – qui veut que des entités distinctes gèrent une partie du cycle de l'eau. On constate en effet qu'il est possible de contourner les coûts élevés qu'impliquent les nouvelles sources d'approvisionnement en eau potable, y compris lorsque celles-ci peuvent effectivement être concrétisées, et d'éviter les coûts encore supérieurs que peuvent représenter l'amélioration de l'épuration et du déversement exigée par les nouvelles contraintes sanitaires et environnementales.

La gestion du cycle de l'eau par bassins hydrographiques, comme le fait l'Espagne et comme l'exige l'Union européenne dans sa directive-cadre sur l'eau (directive 2000/60/CE), offre un cadre excellent, bien plus adapté à la gestion intégrée ou systémique des ressources hydriques, où les exigences économiques et financières de la réutilisation planifiée deviennent un élément supplémentaire dans l'équilibre général entre coût et avantages des bassins.

La création des organismes de bassin, responsables de la gestion intégrée des ressources, permet aux projets de réutilisation planifiée de jouir des économies et même des bénéfices découlant du fait de ne pas avoir à recourir nécessairement à des sources nouvelles et coûteuses d'approvisionnement en eau potable comme le dessalement, le transfert depuis des zones éloignées ou les apports exceptionnels par bateaux. Le développement réglementaire du domaine public hydraulique et la mise en œuvre d'outils de gestion axés sur l'échange de droits d'utilisation de l'eau offrent des possibilités d'amélioration de la gestion des ressources considérables et rendent possible l'intégration de l'eau recyclée comme nouvel élément dynamisant pour le système.

L'un des avantages majeurs de la réutilisation est la plus grande disponibilité de l'eau brute, lorsqu'on la remplace par de l'eau recyclée, et la meilleure garantie des approvisionnements en eau recyclée, qui permet d'atténuer ou de supprimer les restrictions nécessaires lors des sécheresses, évitant ainsi les immenses pertes qu'impliquent généralement ces épisodes météorologiques. Si l'on ajoute à cela les possibilités de coordination entre ressources superficielles et ressources souterraines –notamment grâce aux possibilités de régulation qu'offrent

ces dernières –, ainsi que les économies et l'utilisation efficace de l'eau dans l'agriculture, la gestion intégrée permet d'améliorer de façon substantielle la disponibilité des ressources pour les différents usagers et de mieux garantir l'approvisionnement de ces mêmes ressources.

## 9. Réutilisation indirecte sous forme d'eau potable

Le débat technique sur la portée et l'avenir de la réutilisation planifiée – et, par conséquent, des moyens techniques permettant de recycler l'eau dans les pays qui se distinguent en la matière – se situe actuellement entre l'opportunité de stimuler la réutilisation indirecte sous forme d'eau potable et la précaution qui consisterait à restreindre la portée de la réutilisation aux utilisations sous forme d'eau non potable, qui gagnent du terrain depuis plusieurs dizaines d'années. Ce débat technique, et nécessairement politique dans de nombreux cas pratiques, a tendance à éclipser une réalité incontestable : le succès retentissant de la réutilisation sous forme d'eau non potable dans plusieurs pays du monde, notamment dans des régions mettant en œuvre des projets divers et nombreux, comme la Californie et la Floride, et dans des endroits comme la Costa Brava (province de Gérone), la ville de Vitoria (province d'Álava), les Baléares et les Canaries, la Costa del Sol et d'autres points de la côte méditerranéenne espagnole où la réutilisation planifiée a beaucoup progressé depuis les années 1980.

Le besoin croissant en eau pour la distribution urbaine, associé à la disponibilité physique et administrative de débits croissants d'effluents épurés dans des zones urbaines très proches des points d'utilisation, ainsi que l'existence de processus de traitement plus ou moins capables d'éliminer presque tous les polluants connus et détectables dans les eaux de consommation ont favorisé l'exploitation des effluents épurés comme matière première pour produire de l'eau recyclée de qualité presque équivalente à celle de la meilleure eau superficielle ou souterraine possible avec un coût comparable à celui des sources d'eau conventionnelles. La mise en œuvre de ces processus de recyclage avancés, grâce à la filtration par membranes de déminéralisation et à la désinfection aux biocides – ultraviolets, chlore, eau oxygénée et ozone – dont les effets sont complémentaires, permet d'obtenir, en bout de chaîne, une eau de grande qualité chimique et sanitaire, bien souvent supérieure aux meilleures eaux superficielles disponibles dans ces zones.

Les deux stratégies de base adoptées pour stimuler la réutilisation indirecte sous forme d'eau potable sont l'information et la participation de la population selon des processus bien organisés, systématiques et prolongés, ainsi que l'utilisation

du milieu naturel comme élément incontournable du processus de réutilisation de l'eau recyclée. Il s'agit, en définitive, de conférer à l'eau une « touche de naturel » qui contribue à améliorer sa qualité, à réguler ses débits et à renforcer une perception publique favorable par rapport aux sources d'eau traditionnelles.

Le concept novateur de la réutilisation indirecte sous forme d'eau potable est mis en œuvre, depuis quelques années déjà, dans certains lieux pionniers. Il s'agit notamment du projet *Groundwater Replenishment System*<sup>TM</sup> du comté d'Orange, dans le sud de la Californie ([www.gwrssystem.com](http://www.gwrssystem.com)), lancé en janvier 2008 après plus de trente ans d'études et de tests, du projet de recharge des dunes côtières de Wulpen, en Belgique ([www.iwva.be/docs/torreele\\_en.pdf](http://www.iwva.be/docs/torreele_en.pdf), en anglais), du projet *NeWater* de Singapour ([www.pub.gov.sg/newater/Pages/default.aspx](http://www.pub.gov.sg/newater/Pages/default.aspx), en anglais) et du projet *Western Corridor* du Sud-Est de l'État du Queensland, en Australie ([www.westerncorridor.com.au](http://www.westerncorridor.com.au)).

La communauté urbaine de Barcelone dispose d'un projet de démonstration de recyclage avancé visant à alimenter une barrière contre les intrusions salines dans le delta du Llobregat (Mujeriego *et al.*, 2008). Ce projet s'inscrit dans un système bien plus vaste (d'une capacité de 100 hm<sup>3</sup>/an) de recyclage de base de l'eau pour alimenter les zones humides, l'irrigation agricole et les débits écologiques du Llobregat. Le projet de démonstration de réutilisation indirecte de l'eau affiche une capacité de 5 000 m<sup>3</sup>/jour. Il est en cours d'extension pour pouvoir produire jusqu'à 15 000 m<sup>3</sup>/jour, l'objectif étant d'alimenter les nouveaux puits dont sera dotée la barrière contre les intrusions salines. Les processus adoptés pour le recyclage avancé sont les mêmes que ceux utilisés pour les projets mentionnés : ultrafiltration, osmose inverse et ultraviolets.

Les infrastructures de recyclage avancé de la communauté urbaine de Barcelone sont un point de référence parfait pour mettre en œuvre un ambitieux programme de suivi et de recherche sur la capacité technique nécessaire pour répondre aux inquiétudes sanitaires, environnementales et sociales des autorités sanitaires aussi bien que de la population en général. Les résultats d'un tel programme doivent permettre, outre l'élaboration de campagnes d'information, de diffusion et de participation de la population et de tous les acteurs sociaux, la confirmation d'un référent fiable pour développer la réutilisation indirecte sous forme d'eau potable à grande échelle dans la communauté urbaine de Barcelone et générer une compétence scientifique et technique internationale dans le domaine crucial de la gestion des ressources hydriques.

Les effluents secondaires des stations d'épuration d'El Prat de Llobregat (100 hm<sup>3</sup>/an) et du Besòs (160 hm<sup>3</sup>/an) constituent une matière première qui

permettrait d'obtenir quelque 210 hm<sup>3</sup>/an d'eau de grande qualité (grâce à une filtration par membranes d'osmose inverse et une désinfection aux ultraviolets et hypochlorites). Cette eau pourrait être intégrée aux masses d'eaux superficielles et souterraines de la communauté urbaine, qui deviendraient ainsi sources d'approvisionnement et permettraient de libérer les débits des sources actuellement exploitées. Un tel projet contribuerait à améliorer considérablement l'approvisionnement de la zone desservie par l'entreprise publique Aigües Ter Llobregat et placerait Barcelone et la Catalogne à l'avant-garde des nouvelles formes de gestion des ressources hydriques, mieux adaptées aux sécheresses à venir et bien plus respectueuses de l'environnement et des usagers du bassin fluvial du Ter, d'où l'on prélève actuellement une part significative des ressources utilisées dans la communauté urbaine de Barcelone. Le *Groundwater Replenishment System™* du comté d'Orange est certainement la référence la plus emblématique, tant au niveau technique que sociologique, susceptible de servir de modèle pour stimuler une initiative novatrice de gestion intégrée des ressources hydriques en Catalogne.

## 10. Utilisations pratiques de l'eau recyclée

Les projets de réutilisation mis en œuvre en Espagne ont permis de faire une estimation de plus en plus précise du coût du recyclage et de la réutilisation de l'eau. Cette estimation est fondamentale à deux titres : pour le coût de production de l'eau recyclée et pour le coût de sa mise à la disposition de l'utilisateur – deux éléments essentiels pour l'affectation des coûts aux futurs bénéficiaires de cette ressource. Néanmoins, cette approche purement financière est surtout valable pour les sociétés où la ressource est en majeure partie de propriété privée ou où elle est gérée par deux entités distinctes : l'une pour la distribution, l'autre pour l'assainissement. Cependant, dans un contexte européen où l'eau est une ressource protégée et gérée par l'Administration publique, et où sa gestion est répartie par bassins hydrographiques, la bonne affectation du coût de l'eau doit s'inscrire dans un cadre de gestion intégrée ou systémique, comme dans les cas de nouveaux apports par extraction depuis les aquifères, par transfert depuis d'autres bassins ou par dessalement de l'eau de mer. L'expérience tirée de divers projets de recyclage et de réutilisation en Espagne révèle clairement l'émergence de bénéfices environnementaux et économiques qu'il convient de prendre en compte, eu égard à leur grande pertinence.

L'article 7 du décret R.D. 1620/2007 établit une procédure de réutilisation de l'eau au travers d'initiatives ou plans des administrations publiques en donnant la possibilité à ces dernières (au niveau étatique, au niveau des communautés

autonome ou au niveau local), dans leurs domaines de compétences respectifs, de mener à bien des projets et programmes de réutilisation visant à stimuler la réutilisation de l'eau et l'exploitation la plus efficace possible des ressources hydriques. Le Programme de réutilisation de l'eau de Catalogne, en cours d'approbation par l'Agence catalane de l'eau (2009), comporte une disposition similaire puisqu'il envisage la promotion « publique » de cette ressource nouvelle ou additionnelle grâce à des contributions financières publiques du même type que celles qui permettent de réaliser un transfert ou de construire une station de dessalement des eaux.

Parmi les applications pratiques grâce auxquelles la réutilisation peut contribuer à améliorer la gestion intégrée des ressources, offrant ainsi une meilleure garantie d'approvisionnement des usagers tout en assurant un coût moindre et une protection accrue de l'environnement, il convient de mentionner (Mujeriego, (2009) :

1. La substitution de l'eau brute utilisée pour l'irrigation ou l'arrosage par de l'eau recyclée.
2. L'utilisation d'eau recyclée pour les terres irriguées sous-approvisionnées en eau ou pour de nouvelles terres à irriguer, qu'elles soient agricoles ou horticoles.
3. La substitution des débits écologiques par une eau recyclée de grande qualité immédiatement en aval du point de captage, notamment lorsque ce point est un barrage de régulation.
4. L'approvisionnement en eau recyclée pour préserver l'environnement lorsque la source d'approvisionnement doit répondre simultanément aux besoins d'utilisateurs urbains et à ceux d'un écosystème aquatique naturel.
5. La production d'eau recyclée, au lieu de l'eau épurée déversée dans certains lits, pour réduire les débits déstockés à la seule fin, ou presque, de diluer ces déversements.
6. L'approvisionnement en eau recyclée comme alternative aux extractions d'eau souterraines en cas de surexploitation.
7. La recharge artificielle d'aquifères avec de l'eau recyclée.

La conclusion d'un grand accord-cadre entre utilisateurs urbains et utilisateurs agricoles, industriels et récréatifs, dans un contexte de gestion intégrée de l'eau comme celui qu'offrent les organismes de bassin, *via* des instruments de gestion de l'échange de droits d'utilisation de l'eau ou tout autre instrument

susceptible d'être mis en place, est un excellent moyen de satisfaire les besoins en eau brute des réseaux de distribution publique et de l'irrigation agricole et horticole.

La mise en œuvre d'accords contractuels portant sur l'utilisation d'une eau recyclée devant répondre aussi bien aux préoccupations en matière de qualité et de garantie de l'approvisionnement pour l'irrigation et les utilisations industrielles qu'aux intérêts économiques des concessionnaires offre à l'agriculture, à l'horticulture et à l'industrie une alternative pratique d'un intérêt non négligeable pour relever les défis suscités par le manque de ressources, notamment en zone côtière, tout en assurant un soutien réglementaire face aux exigences de qualité des produits cultivés grâce à cette eau.

Toutes ces considérations doivent stimuler le saut qualitatif qu'il conviendra d'effectuer à l'heure d'analyser le volet économique de l'eau recyclée : il faudra non seulement évaluer son coût, mais aussi et surtout estimer sa valeur. Le coût réel des alternatives comme le transfert et le dessalement, voire les mesures d'urgence pour pallier les sécheresses hydrologiques comme celles adoptées en Catalogne en 2008, mettent clairement en évidence l'atout économique indéniabla que représentent la réutilisation et le recyclage. Les récentes initiatives de rétablissement des débits écologiques et, surtout, l'atténuation des effets des aléas météorologiques, tant pour l'approvisionnement que pour la préservation du milieu naturel, font de l'eau recyclée et de la réutilisation de l'eau des éléments déterminants d'accroissement de la valeur de l'eau sous toutes ses facettes et quelle qu'en soit l'utilisation.

La situation économique et financière de ce début de XXI<sup>e</sup> siècle et la sensibilité croissante à la protection de l'environnement qui s'est fait jour au cours de ces dernières décennies donneront probablement lieu à l'émergence de nouvelles façons d'envisager les projets de recyclage et de réutilisation. Ces nouvelles approches inciteront à une évaluation plus détaillée et plus critique du coût financier des autres sources – qui, bien qu'élevé, semblait justifié par le passé – et mettront l'accent sur les avantages économiques et l'accroissement de la valeur de l'eau que peuvent apporter son recyclage et sa réutilisation.

Les connaissances et le savoir-faire accumulés ces vingt-cinq dernières années, sur la Costa Brava comme ailleurs en Catalogne et en Espagne, démontrent clairement que nous savons recycler et réutiliser l'eau et que nous savons aussi en quantifier le coût financier, tant en matière d'investissements que d'exploitation et de maintenance. Le défi le plus pressant consiste à faire du recyclage et de la réutilisation des éléments à part entière de la gestion intégrée des ressources,

en tenant particulièrement compte de la valeur de l'eau en tant que telle, et non uniquement de ses coûts de production et d'utilisation. Car cette valeur est, cela ne fait aucun doute, bien supérieure au coût de son recyclage et de sa réutilisation.

## 11. Conclusions

L'analyse développée dans cet article permet de formuler les conclusions suivantes :

1. La réutilisation planifiée de l'eau est une composante essentielle de la gestion intégrée des ressources hydriques, notamment dans les zones côtières, où elle peut contribuer de façon significative à l'augmentation nette de ces ressources.
2. Les progrès du recyclage et de la réutilisation planifiée de l'eau ne dépendent pas uniquement du progrès technologique. L'existence d'un cadre juridique et réglementaire solide, associée à une réelle volonté politique, est déterminante pour le développement de la réutilisation.
3. Le recyclage et la réutilisation de l'eau se distinguent de l'épuration et du déversement d'effluents, notamment en matière d'affectation des coûts d'implantation, d'exploitation et de maintenance : tandis que les premiers sont liés au développement de nouvelles ressources hydriques, les seconds sont liés à la protection de l'environnement, régie par des réglementations spécifiques.
4. La réutilisation planifiée de l'eau offre une garantie d'approvisionnement bien supérieure aux sources conventionnelles. Elle garantit la disponibilité des débits, notamment pendant la saison estivale, en permettant l'utilisation d'une eau de qualité brute pour l'approvisionnement public et l'entretien écologique.
5. La gestion du cycle de l'eau au niveau des bassins hydrographiques offre un cadre idéal et adapté à la mise en œuvre d'une gestion intégrée des ressources hydriques, où les exigences économiques et financières de la réutilisation sont un élément de l'équilibre des coûts et bénéfiques des bassins.
6. La réutilisation indirecte sous forme d'eau potable constitue, depuis quelques années, un concept novateur dans plusieurs régions du monde, dont le sud de la Californie, la Belgique, Singapour et l'est de l'Australie. Tous ces projets ont pour objectif commun de créer une nouvelle source d'appro-

visionnement public, plus fiable face aux aléas météorologiques, reposant sur des processus de recyclage avancés presque identiques et exploitant l'une des deux alternatives « naturelles » possibles : un aquifère côtier ou un barrage de régulation.

7. Les infrastructures de recyclage avancé disponibles dans la communauté urbaine de Barcelone sont un point de départ idéal pour mettre en œuvre un ambitieux programme de suivi et de recherche sur la capacité technique à répondre aux préoccupations sanitaires, environnementales et sociales que peuvent émettre les pouvoirs publics et la population en général. Ce programme pourrait faire office de solide référent pour stimuler l'autosuffisance de la communauté urbaine de Barcelone tout en générant un savoir-faire scientifique et technique pouvant être mis au service de la communauté internationale dans ce domaine crucial qu'est la gestion des ressources hydriques.
8. La conclusion d'un grand accord-cadre entre utilisateurs urbains et utilisateurs agricoles, industriels et récréatifs, dans le cadre de gestion intégrée des ressources qu'offrent les organismes de bassin, est un moyen idéal de satisfaire les besoins en eau brute pour la distribution publique et l'approvisionnement en eau nécessaire à l'entretien écologique, à l'irrigation et à l'industrie.
9. Il est nécessaire de faire un saut qualitatif dans la gestion de l'économie de l'eau recyclée : il faut estimer sa valeur et non se limiter à en quantifier le coût. Le coût réel d'alternatives comme les transferts et le dessalement – et notamment celui de mesures d'urgence visant à pallier les effets des sécheresses hydrologiques comme celles adoptées par la Catalogne en 2008 – a clairement mis en évidence les avantages économiques indéniables qu'offrent le recyclage et la réutilisation de l'eau par rapport aux options traditionnelles de gestion des ressources.

## 12. Remerciements

Les études et expériences mentionnées dans le présent article n'auraient pas été possibles sans la collaboration et le soutien financier apportés, depuis 1985, par diverses institutions publiques, parmi lesquelles il convient de mentionner le Consortium de la Costa Brava, l'ancien Conseil sur l'assainissement du Gouvernement de Catalogne, l'Agence catalane de l'eau, le Conseil provincial d'Álava, la Communauté des irrigants d'Arrato, l'ancienne Fondation de l'Institut euro-méditerranéen d'hydrotechnique, la Communauté urbaine de Barcelone,

la Fédération nationale des communautés d'irrigants d'Espagne, l'Orange County Water District (Californie, États-Unis), l'Université de Californie de (Davis, États-Unis), l'ancien ministère catalan des Universités, de la Recherche et de la Société de l'information et le ministère espagnol de l'Éducation et des Sciences.

## BIBLIOGRAPHIE

AGENCE CATALANE DE L'EAU, « Programa de Reutilització d'Aigua a Catalunya », ministère catalan de l'Environnement et du Logement, juin 2009.

ASANO, T., BURTON, F. L., LEVERENZ, H. L., TSUCHIHASHI, R. et TCHOBANOGLIOUS, G., « Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications », Metcalf and Eddy/AECOM, McGraw-Hill, 2006.

CUTHBERT, R. W. et HAINOSZ, A. M., « Setting reclaimed water rates », *Journal of the American Water Works Association*, 1999, vol. 91, n° 8, pp. 50-57.

JOURNAL OFFICIEL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, directive 2000/60/CE du Parlement et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, J.O. L 327/1-71, 2000.

MINISTÈRE ESPAGNOL AUPRÈS DE LA PRÉSIDENTE, « Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas », *Boletín Oficial de Estado*, n° 294, samedi 8 décembre 2007, pp. 50639-50661.

MUJERIEGO, R., « La reutilització planificada de l'aigua: de l'eficiència a l'autosuficiència », in numéro spécial « Aigua i activitat econòmica », *Nota d'economia*, pp. 93-94 (premier et deuxième quadrimestres 2009), ministère catalan de l'Économie et des Finances, 2009

MUJERIEGO, R., « La reutilización, la regulación y la desalación en la gestión integrada del agua », *La sequía en España: Directrices para Minimizar su Impacto*, Direction générale de l'eau, ministère espagnol de l'Environnement, Madrid, 2007, pp. 155-202.

MUJERIEGO, R., « La gestión del agua en el sur de California », *Ambienta*, n° 38, novembre 2004, ministère espagnol de l'Environnement, Madrid, 2004, pp. 31-38.

MUJERIEGO, R. (éd.), « Manual práctico de riego con agua residual municipal regenerada », Université polytechnique de Catalogne, Barcelone, 1990.

MUJERIEGO, R., COMPTE, J., CAZURRA, T. et GULLÓN, M., « The water reclamation and reuse project of El Prat de Llobregat, Barcelona, Spain », *Water Science & Technology*, vol. 57, n° 4, 2007, pp. 567-574.

MUJERIEGO, R. et LÓPEZ, J., « Water reuse and integrated water resources management in Vitoria-Gasteiz, Spain », *Water Practice and Technology*, vol. 3, n° 2, International Water Association Publishing, 2008.

PETTYGROVE, G. S. et ASANO, T. (éd.), « Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater, A Guidance Manual », California State Water Resources Control Board, rapport n° 84-1 wr., 1984 (republié par Lewis Publisher, Inc. en 1985).

SALA, L. et SERRA, M., « Towards sustainability in water recycling », *Water Science and Technology*, vol. 50, n° 2, 2004, pp. 1-8.