

824 AAF00

# E.I.N. INTERNATIONAL

ÉDITIONS JOHANET

30, RUE RENÉ BOULANGER - 75010 PARIS - FRANCE

TÉL. 33 (0) 1 44 84 78 78 - FAX 33 (0) 1 42 40 26 46

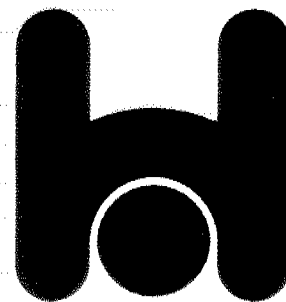
NUMÉRO HORS-SÉRIE - ISSN 0755-5016

*Water  
technology for*

*Mediterranean  
& African  
countries*

824-AAF00-16255

ISO 9001 FACTORIES



**HOBAS**

**THE GRP PIPE  
MANUFACTURED BY  
THE CENTRIFUGAL CASTING PROCESS  
WITH VARIOUS APPLICATIONS**

- Range DN 150 - 2 500
- Urban and industrial drainage
- Manholes and standard or tailor-made units
- Sewage rising mains
- Trunk water mains
- Relining
- Jacking - Microtunneling
- Tanks

**A COMPETITIVE « HIGH TECH »  
PRODUCT WITH APPROVED PROPERTIES**

- Mechanical and hydraulic performances
- PN 1 - PN 16 (25)
- Resistance to abrasion and corrosion:  
pH1 to 10 (VA Resin) - Suitable for  
septic sewage (H<sub>2</sub>S)

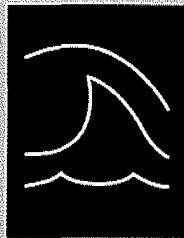
**THE POWER OF A GROUP WITH AN UNIQUE  
INTERNATIONAL KNOW-HOW (ACTIVE IN  
MORE THAN 25 COUNTRIES, MANY  
THOUSANDS OF KMS OF PIPELINES  
INSTALLED...)**

**HOBAS France S.A.**

BP 216 - Osny  
F-95523 Cergy-Pontoise Cedex  
Tél. : 01.34.35.66.10  
Fax : 01.34.35.08.58  
E-mail : hobasfr@aol.com

**HOBAS Engineering GmbH**

Pischeldorfer Strasse 128  
A-9020 Klagenfurt/Austria  
Tél. : +43 463.48.24.24  
Fax : +43 463.48.21.21  
E-mail : hobas.engineering@aon.at  
<http://www.hobas.com>



# E.I.N. INTERNATIONAL

L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES  
Monthly review

10 issues by year + 2 specials of the review

30, rue René Boulanger - 75010 Paris  
Tel. 33 (0)1 44 84 78 78 - Fax 33 (0)1 42 40 26 46  
Internet: www.editions-johanet.com  
E-mail: info@editions-johanet.com

**Chairman**

Benoît Johanet

**Publisher**

Benoît Johanet

**Editor in chief**

Vincent Johanet

E-mail: vjohanet@editions-johanet.com  
Direct ligne: 01 44 84 78 79

**Advertisement manager**

Michèle Hardy

E-mail: mhardy@editions-johanet.com  
Direct ligne: 01 44 84 78 82

**Editor**

Jean-Louis Mathieu

E-mail: jlmathieu@editions-johanet.com  
Direct ligne: 01 44 84 78 81

**Fabrication**

Marie-Christine Barut

E-mail: mcbarut@editions-johanet.com  
Direct ligne: 01 44 84 78 80

**Subscription**

François Perrin

E-mail: info@editions-johanet.com  
Direct ligne: 01 44 84 78 88

**Subscription rates 1 year (10 issues)**

France: 607,25 F HT + 12,75 = 620 F TTC  
Abroad: 720 F

**Issue**

97,94 F HT + 2,06 = 100 F TTC

**Order**

P. Johanet et ses Fils, Éditeurs S.A.  
C.C.P. Paris 6507 97 U

**Printing**

Imprimerie Nouvelle

45800 Saint-Jean-de-Braye (France)

**Circulation**

Sagecom

91700 Villiers-sur-Orge (France)

L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES  
published by

Pierre Johanet et ses Fils, Éditeurs S.A.  
30, rue René Boulanger - 75010 Paris

Telephone 33 (0)1 44 84 78 78

Fax 33 (0)1 42 40 26 46

**Distribution**

Commission paritaire n° 50870

ISSN 0755-5016

**USA correspondants**

OVERSEAS Publisher's Representatives  
47, West 34th Street - 10001 New York  
Tel. 00 1 212 56 43 964

**Registration of copyright: at publication**

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur, est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957). La direction se réserve le droit de refuser toute insertion sans avoir à justifier de sa décision.



## CONTENTS

# Water for Mediterranean and African Countries

<b>EDITORIAL</b> <b>Water technology for Mediterranean and African Countries</b> <i>By Vincent Johanet</i>	5	<b>Wastewater reuse: technical challenges and role in enhancement of integrated water management</b> <i>By Valentina Lazarova</i>	40	<b>in Morocco</b> <i>By El Kbir Lhadi</i>	66
<b>ECHOS</b>	6	<b>RÉUTILISATION DES EAUX USÉES Treatment of sewage plant sludge in planted drying beds</b> <i>By Jean-Pierre Légeron</i>	58	<b>RESSOURCES HYDRIQUES EN ALGÉRIE Water resources in Algeria: exploitation and quality</b> <i>By Samia Achour and Bachir Achour</i>	78
<b>EAU ET ASSAINISSEMENT</b> <b>Africa, the keys to success: technical expertise, social engineering and partnerships</b> <i>By Jean-Luc Martin-Lagardette</i>	26	<b>RESSOURCES HYDRIQUES AU MAROC Water resources and their development</b>		<b>LA BIBLIOTHÈQUE</b>	85
<b>RÉUTILISATION DES EAUX USÉES</b>				<b>LE CALENDRIER</b>	86

LIBRARY IRC  
PO Box 93190, 2509 AD THE HAGUE  
Tel.: +31 70 30 689 80  
Fax: +31 70 35 899 64  
BARCODE: 16255  
LO: 024 99F 00

Photo Philippe Haeinger





# BEAUCOUP

D'ici 2002, la France aura renforcé  
ses normes pour améliorer la qualité  
des eaux rejetées

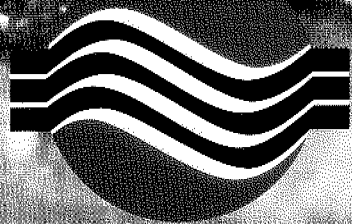
# UN PEU

Aujourd'hui, en France,  
seulement la moitié  
des eaux rejetées dans  
la nature est dépolluée



# PASSIONNEMENT

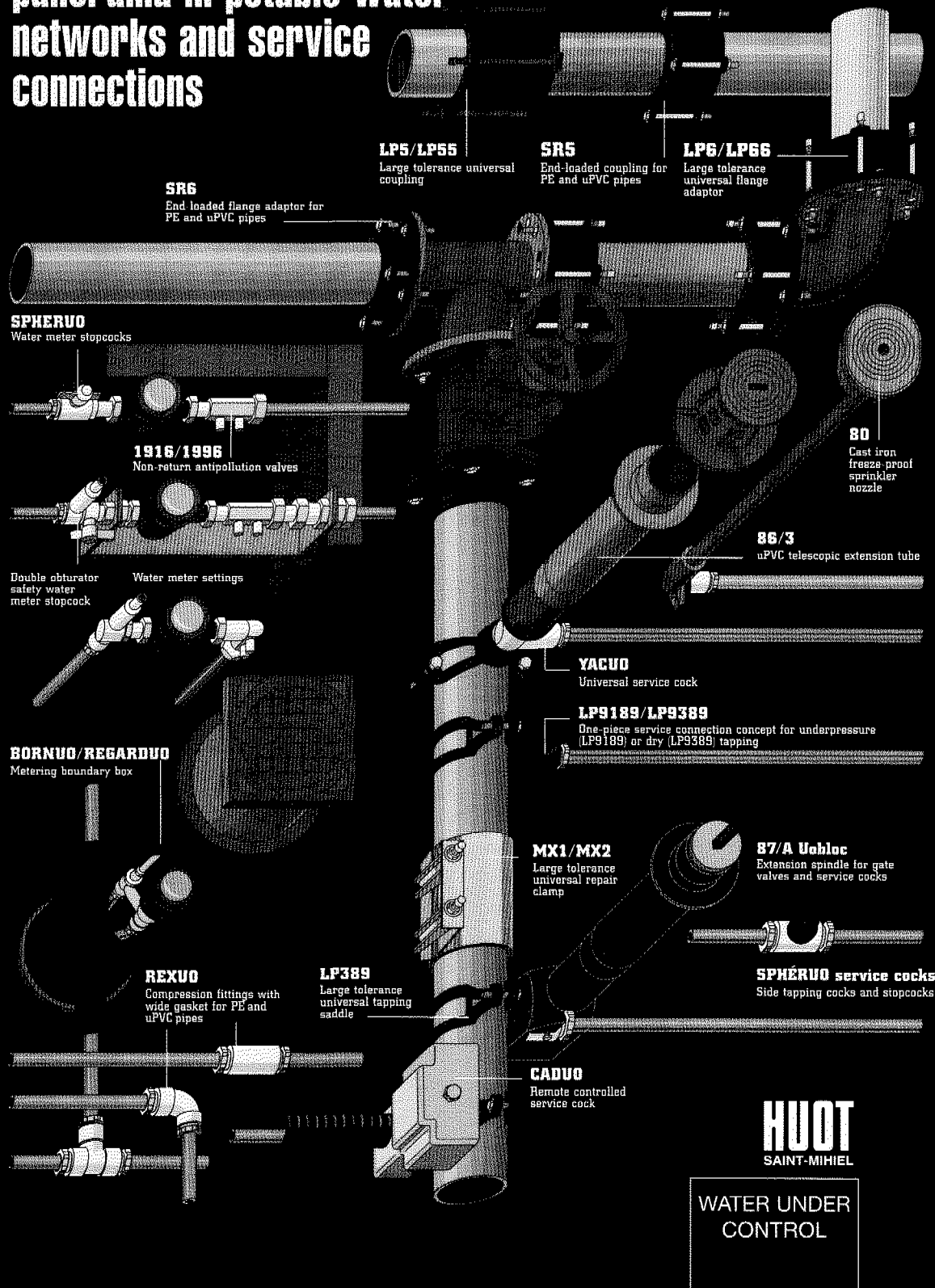
Les chercheurs et les équipes de Lyonnaise des Eaux ouvrent, chaque jour, de nouvelles voies à l'assainissement pour que les eaux soient rendues encore plus propres à la nature



LYONNAISE  
DES EAUX

PAR RESPECT DE L'EAU

# HUOT advanced technology panorama in potable water networks and service connections



**LP5/LP55**  
Large tolerance universal coupling

**SR5**  
End-loaded coupling for PE and uPVC pipes

**LP6/LP66**  
Large tolerance universal flange adaptor

**SR6**  
End loaded flange adaptor for PE and uPVC pipes

**SPHERUO**  
Water meter stopcocks

**1916/1996**  
Non-return antipollution valves

Double obturator safety water meter stopcock

Water meter settings

**80**  
Cast iron freeze proof sprinkler nozzle

**86/3**  
uPVC telescopic extension tube

**YACUO**  
Universal service cock

**LP9189/LP9389**  
One-piece service connection concept for underpressure (LP9189) or dry (LP9389) tapping

**BORNULO/REGARDULO**  
Metering boundary box

**MX1/MX2**  
Large tolerance universal repair clamp

**87/A Uahloc**  
Extension spindle for gate valves and service cocks

**REXUO**  
Compression fittings with wide gasket for PE and uPVC pipes

**LP389**  
Large tolerance universal tapping saddle

**SPHERUO service cocks**  
Side tapping cocks and stopcocks

**CADUO**  
Remote controlled service cock

**HUOT**  
SAINT-MIHIEL

WATER UNDER CONTROL

**export division**

5 place du Colonel Fabien 75010 Paris. France  
phone + 33 1 53 38 83 94 - fax + 33 1 53 38 83 99

**head office and works**

2 rue de la Marsoupe BP 36 - 55301 Saint-Mihiel cedex. France  
phone + 33 3 29 91 66 55 - fax + 33 3 29 90 20 17

# Water technology for Mediterranean and African Countries



**V**ous avez en mains le second numéro dédié à l'international de la revue L'Eau, L'Industrie, Les Nuisances, revue technique Française spécialisée dans le domaine de l'eau.

Ce numéro, plus particulièrement destiné aux pays du Maghreb et aux pays Africains, se compose de plusieurs parties. La première offre un rapide tour d'horizon des problématiques et enjeux de l'eau et de l'assainissement en Afrique. Elle montre clairement que qui veut investir sur le Continent africain dans le domaine de l'eau et de l'assainissement doit pouvoir apporter, avec une expertise

éprouvée, une prise en compte de la demande et des réalités locales et accepter de nouer des alliances à différents niveaux, y compris avec les concurrents de toujours. Les problématiques africaines, très différentes selon les pays, avec un Nord (le Maghreb), un extrême sud (Afrique du Sud) et certaines grandes villes de l'Ouest plus développées, appellent des réponses techniques et organisationnelles différentes et adaptées aux problématiques locales. Ce dossier constitue un panorama de l'eau et de l'assainissement en Afrique au travers d'actions réalisées avec des opérateurs français.

La seconde partie de ce numéro est plus technique et plus orientée vers l'appui technologique à la gestion économique de l'eau, tout en s'attachant à ne jamais perdre de vue les réalités locales de l'eau dans ces régions du monde. On y trouvera donc notamment un article sur les rôles de la réutilisation des eaux usées pour la gestion intégrée des ressources, ou bien encore un article sur le traitement des boues de station d'épuration par lits de séchages plantés de végétaux.

Enfin, deux dossiers font le point sur l'état de la ressource et sur les problématiques de l'eau en Algérie puis au Maroc (état de la ressource, qualité, usages, etc....) Ils permettent de mesurer, malgré une situation fréquemment tendue, tout le chemin parcouru ces trente dernières années dans ces pays.

Autant de thématiques qui ne peuvent pas être régulièrement traités dans l'édition française de L'eau, L'Industrie, Les Nuisances, mais que nous auront l'occasion de reprendre ici, de manière plus récurrente, dans le cadre de ces numéros hors-série.

D'ores et déjà, nous vous donnons rendez-vous à la fin du premier semestre de l'année 2000, pour un troisième E.I.N. International consacré à l'Europe de l'est et notamment aux républiques de l'ex-Yougoslavie ainsi qu'aux pays danubiens limitrophes. Il sera plus particulièrement consacré aux conséquences environnementales et aux enjeux de la reconstruction économique et écologique de cette région du monde.

Merci de votre confiance

VINCENT JOHANET



## Les marchés africains de l'environnement

**CFCE**

Centre Français  
du Commerce Extérieur

Opportunément, trois mois avant le 10<sup>ème</sup> Congrès de l'UADE (Union Africaine des Distributeurs d'Eau) en Février à Durban, le Centre Français du Commerce Extérieur (CFCE) a organisé le 10 novembre 1999 un intéressant séminaire sur "Les marchés de l'environnement en Afrique sub-saharienne".

L'Afrique sub-saharienne présente en matière environnementale une situation préoccupante qui nécessite d'importants investissements. La question de l'eau reste de loin prioritaire. Dans la plupart des pays, la majeure partie de la population ne dispose toujours pas de l'accès à l'eau potable, même dans des zones à forte urbanisation et au cœur des grandes villes.

Notons que la question du traitement des eaux usées dans ces mêmes zones urbaines est tout aussi aiguë et l'intérêt d'une épuration poussée permettant une réutilisation de la ressource n'est pas encore fortement inscrite dans la gestion optimale de l'eau. Cet aspect d'une politique intégrée de l'eau ne paraît aujourd'hui préconisé que dans les choix de la coopération euro-méditerranéenne intéressant les pays du Maghreb et du Levant. Elle serait pourtant aussi justifiée dans tous les PVD, souffrant ou non de pénurie d'eau, car elle permet de réduire les infrastructures de captage et de transport de l'eau potable vers les grandes zones urbaines et leur périphérie maraîchère et réduit les conséquences de rejets d'égouts mal épurés.

D'autres questions environnementales se posent avec acuité, principalement celle des déchets qui doit aussi pouvoir faire l'objet d'un traitement adapté ou cohérent. Le compostage paraît dans bien des cas très approprié à l'élimination des ordures ménagères, favorisé par le climat tropical humide d'une grande partie de la zone.

Ce séminaire a permis de faire le

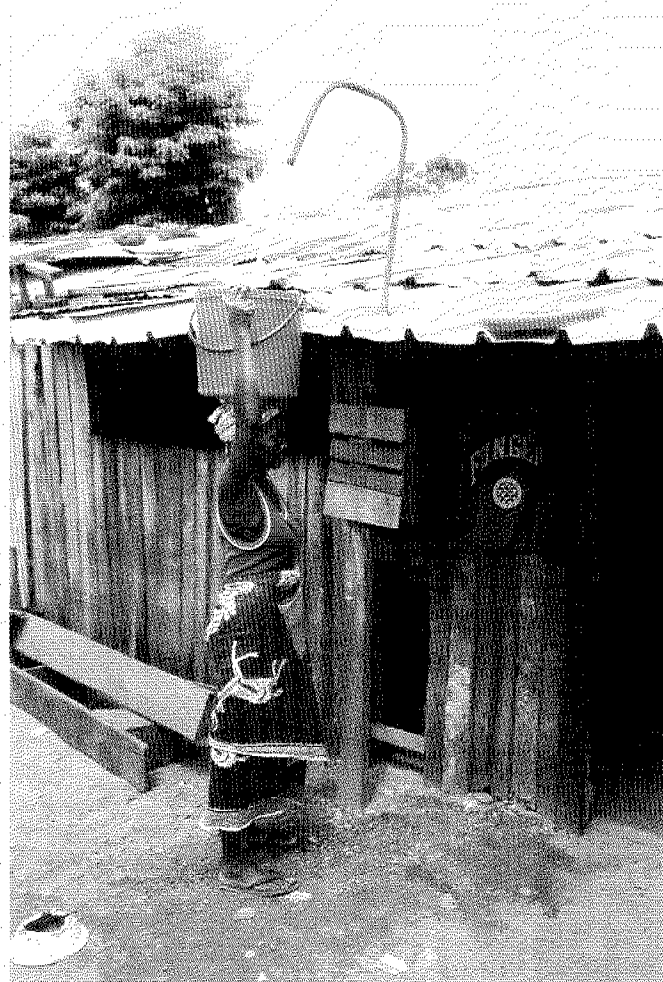


Photo: Eurofot

**Quartier du Bardo à San Pedro (Côte d'Ivoire). Approvisionnement en eau d'une habitante auprès d'un particulier. Technique du bec verseur à hauteur de récipient porté sur la tête.**

point sur la situation de ces marchés et sur les financements offerts par les bailleurs de fonds à l'heure où le continent africain connaît une meilleure situation économique et un regain de confiance. Les différents bailleurs de fonds étaient représentés, tels que la Banque Mondiale, l'AFD, Agence Française de Développement, la BAD ou Banque Africaine de Développement. Mais ont aussi été présentés d'autres acteurs du financement des investissements environnementaux, tels que la DG Développement de la Commission Européenne, le Fonds pour l'Environnement Mondial ou GEF (Global Environmental Fund) et l'équivalent national, le Fonds

## Environmental markets in Africa

city centres.

It should be noted that in these same urban areas the problem of wastewater treatment is just as acute, and the value of full-scale treatment to allow re-use of the resource is not yet a major concern in the optimal management of water. At present, this aspect of an integrated water policy does not seem to have been advocated other than in the choices operated within the framework of Euro-Mediterranean co-operation with countries of the Maghreb and the Near East. And yet it would also be justified in developing countries, regardless of whether they suffer from water stress, since it allows a reduction in infrastructure for the withdrawal of potable water and its transport to major urban areas and market gardeners in the surrounding area and reduces the consequences of inadequately treated sewage being discharged.

Other environmental issues need to be addressed, notably that of refuse, which must also be treated in an appropriate or coherent manner. In very many cases composting would appear to be a highly appropriate solution for the elimination of household refuse, assisted by the humid tropical climate that prevails over a large part of the region.

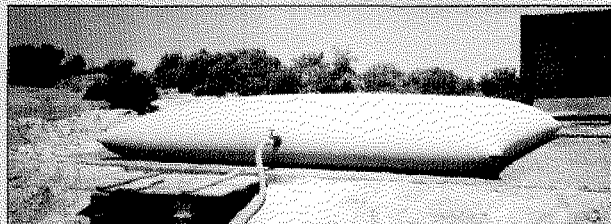
This seminar provided an overview of the current situation in these markets and of the finance proposed by donor agencies at a time when the African continent is experiencing an improvement in its economic situation and renewed confidence. The various donor agencies were represented, including the World Bank, the French Development Agency and the African Development Bank (ADB). Also present were other sources of finance for environmental investment, such as the European Commission Directorate-General for Development, the Global Environment Fund (GEF) and its French counterpart, the Fonds Français pour l'Environ-

**Bardo district, San Pedro (Côte d'Ivoire). Woman collecting water from a private supplier. The water is being poured into a container carried on her head.**

Appropriately, three months before the 10th Congress of UAWS (Union of African Water Suppliers) in Durban in February, the French external trade centre (CFCE, Centre Français du Commerce Extérieur) organised an interesting seminar on 10 November 1999 on "Environmental markets in Sub-Saharan Africa".

The environmental situation in Sub-Saharan Africa is giving cause for concern and major investment will be required. Water is by far the main priority. In most countries, the majority of the population still do not have access to potable water, even in highly urbanised areas including

## COLLAPSIBLE TANKS



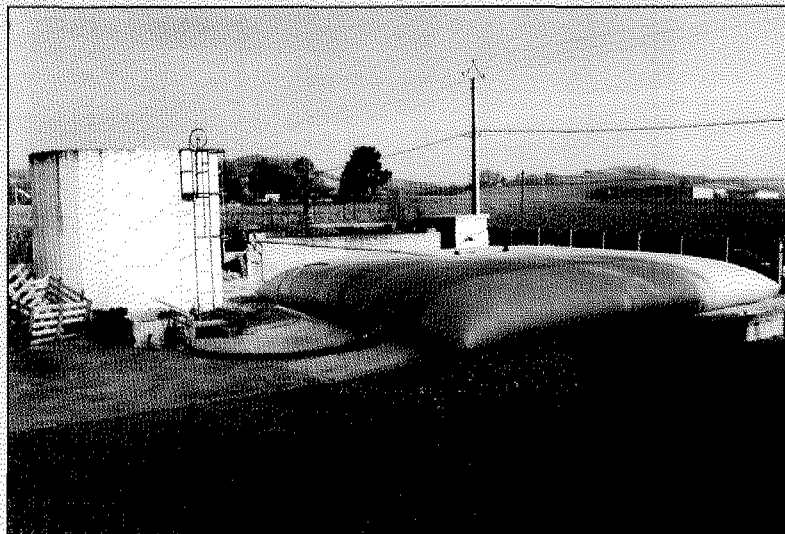
## CITERNES SOUPLES

STOCKAGE jusqu'à  
STORAGE up to

### 300.000 lit.

**EAU POTABLE ou USAGÉE - EFFLUENTS INDUSTRIELS - BOUES**  
Stockage aéré ou non aéré

**WATER (potable or used) - INDUSTRIAL EFFLUENTS - SLUDGES**  
Aerated or non-aerated storage



- Faible coût de transport sur site et d'aménagement du sol
- Rapidité et simplicité d'installation (pas besoin de permis de construire)
- Liquides maintenus hors contact de l'air
  - pas d'évaporation,
  - pas de contamination externe
- Système clos - Confinement des odeurs
- Très grande résistance à la corrosion et au vieillissement
- Déplacement facile, rapide, économique

- Low cost for transport and for ground conditioning
- Easy and rapidity of installation by non skilled men
- Liquid always maintained out of the contact with the air :
  - No contamination
  - No evaporation
- Closed system - Confinement of the odours
- Good corrosion and aging resistance
- Easy and economical moving



## Labaronne-CITAF

Z.I. de Leveau - B.P. 58 - F-38206 VIENNE Cedex  
Tél. (33) 04 74 53 25 28 - Fax (33) 04 74 85 20 94  
E-mail: citaf@labaronne-citaf.fr - Internet : <http://www.labaronne-citaf.fr>

Français pour l'Environnement Mondial.

Les représentants de ces différents organismes ont généralement insisté sur l'intégration de l'environnement dans tous les projets, plutôt que d'apporter des financements de compensation des effets environnementaux négatifs d'un développement industriel, agricole ou urbain mal maîtrisé.

Pour connaître les développements de cette journée, on peut contacter Emmanuel Galland, Responsable du secteur Environnement au CFCE - 10 avenue d'Iéna - 75116 Paris - Tél. direct : 01 40 73 31 58 - Fax 01 40 73 30 60. On peut aussi connaître nombre d'appels d'offres dans ce domaine et des études de marché par le canal du CFCE et de ses Postes d'Expansion Économique



**Scène de vie quotidienne à Soweto (Afrique du Sud). Détail d'une peinture murale éducative et publicitaire à l'entrée de l'hôpital de Chris Hani Baragwanath, préconisant le respect des règles de l'hygiène et financée par un fabricant de fourneaux et marmites.**

(PEE) généralement hébergés par les Ambassades de France dans les différents pays concernés. ■

**Daily life in Soweto (South Africa). Scene from an educational and publicity mural at the entrance to Chris Hani Baragwanath Hospital, advocating respect for rules of hygiene and financed by a manufacturer of stoves and pots.**

nement Mondial (French fund for world environment). On the whole, the representatives

of these various bodies emphasized the need for the environment to be included in all these projects, rather than to provide compensatory finance for the negative environmental effects of poorly controlled industrial, agricultural or urban development.

For details of the developments arising from the seminar, contact Emmanuel Galland, Head of the Environment Sector at CFCE - 10 avenue d'Iéna - 75116 Paris - Tel. direct: (+33) 1 40 73 31 58 - Fax: (+33) 1 40 73 30 60.

Information on a number of calls for tender and market studies in this field can be obtained through the CFCE and its economic development offices (PEE, Postes d'Expansion Économique) generally located in the French Embassy in each of the countries concerned. ■

## Les missions et les moyens de IRD



**Institut de recherche pour le développement**

L'IRD est un établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle des ministères français chargés de la Recherche et de la Coopération. Depuis cinquante ans, sous le nom d'Orstom jusqu'en 1998, il conduit des recherches sur les milieux intertropicaux. C'est par le décret n° 98-995, publié dans le J.O. n° 258 du 6 novembre 1998 qu'ont été officialisés le changement de nom et l'organisation de l'institut.

En effet, ce n'est pas une simple nue de l'Orstom rédnité au changement de nom et de logo. Le changement de nom recouvre des concepts d'action nouveaux même si les champs scientifiques restent globalement les mêmes.

Les recherches scientifiques de l'IRD sont centrées sur les relations entre l'homme et son environnement dans les régions tropicales,

méditerranéenne et sèches, dans la perspective d'un développement durable de ces régions.

### Implantations dans le monde

L'Institut est présent dans plus de 40 pays du monde tropical, en France métropolitaine et dans les territoires et départements d'Outre mer.

### Les champs de recherche et les moyens

Les recherches scientifiques de l'IRD sont centrées sur les relations entre l'homme et son environnement dans les régions tropicales et méditerranéenne, dans la perspective d'un développement durable de ces régions. Elles s'organisent autour de neuf grandes thématiques.

#### 1 - Variabilité climatique tropicale et impacts régionaux

Les régions tropicales, qui occupent plus d'un tiers de la surface du globe, jouent un rôle privilégié dans la dynamique du climat et sont particulièrement sensibles à ses

## IRD: missions and resources

### French Research Institute for Development

The IRD (Institut de Recherche pour le Développement) is a public body of a scientific and technical nature supervised by the French Ministries for Research and Cooperation.

For fifty years, under the name Orstom until 1998, it conducted research on intertropical environments. The Institute's change of name and organisation were made official by Decree No. 98-995, published in the Journal Officiel No. 258 of 6 November 1998.

The change from Orstom involved more than just a new name and logo. While the scientific fields covered remain globally the same, the change of name has been accompanied by fresh concepts for new spheres of action.

The scientific research conducted by the IRD is based on the relationship between humans and their environment in tropical, Mediterranean and arid regions, with a view to the sustainable development of these regions.

### Sites around the world

The Institute is present in over 40 tropical countries, in Metropolitan France and in French Overseas Departments and Territories.

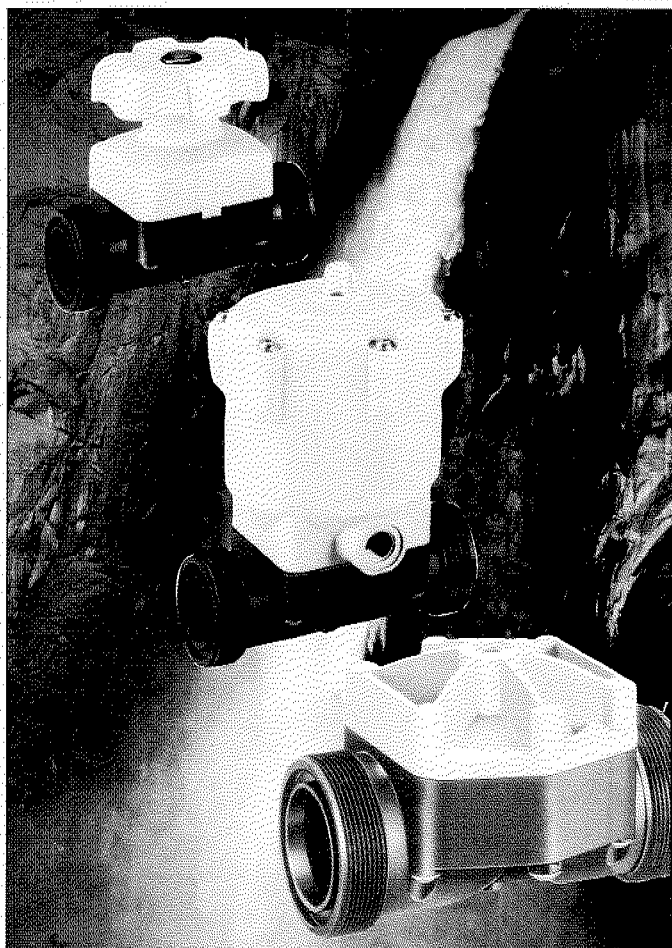
### Areas of research and staff resources

The scientific research of the IRD is based on the relationship between humans and their environment in tropical and Mediterranean regions, with a view to the sustainable development of these regions. Research is organised around nine main themes.

#### 1 - Tropical climatic variability and its regional impact

Tropical regions, which cover more than a third of the surface of the globe, play a major role in climate dynamics and are particularly sensitive to its impact. It involves observing and trying to understand variations over time and interactions between the atmosphere, the hydrosphere and





# INTERCARAT

## Silver-Line Gamme Plastique

- Vannes à membrane manuelle
- Vannes à membrane pneumatique
- Vannes à membrane à commande assistée

### Exemples d'application :

- Traitement de l'eau
- Installations industrielles
- Systèmes d'irrigation
- Fluides chargés
- Acides ou bases peu concentrés
- Alimentation animale

Intercarat, 1 rue Jean Bugatti - B.P. 30 Duppigheim  
 67127 Molsheim Cedex - France  
<http://www.intercarat.com>  
 e-mail : [hartmann@intercarat.com](mailto:hartmann@intercarat.com)  
 Tél. +33 (0)3 88 48 21 20 - Fax +33 (0)3 88 49 14 82

# Bacteria in water?

# Colilert<sup>®</sup>

DEFINED SUBSTRATE TECHNOLOGY

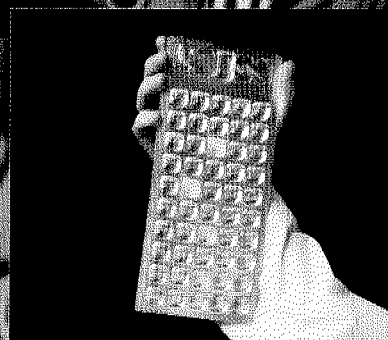
## Rapid, Easy, Accurate.

- Confirmed results
- Qualitative or Quantitative
- No heterotrophic interference
- Reagent ready to use

**Total coliforms and *E.coli* in 24H or 18H**  
**Enterococci in 24H**

Millions of tests are run worldwide every year

For information please contact Michèle DUBOIS  
 IDEXX SARL, BP232 95614 Cergy-Pontoise Cedex, FRANCE  
 Tel : 33 (0)1 34 32 62 65 or 33 (0)6 11 29 59 46 • Fax : 33 (0)1 34 30 02 08



**IDEXX**  
 Innovateurs in diagnostics

impacts. Il s'agit d'observer et de comprendre ces variations dans le temps et les interactions entre l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. L'objectif est d'élaborer des modèles prédictifs de la variabilité climatique et d'évaluer l'impact de cette dernière sur l'environnement, aux échelles locale et régionale.

- Disciplines : océanographie physique et chimique, hydrologie, hydrométéorologie, glaciologie, géologie du quaternaire, sédimentologie;
- Moyens : 100 chercheurs et techniciens environ.

### 2 - Approche géodynamique des ressources minérales et des risques naturels

Dans de nombreux pays en développement, l'exploration du sous-sol offre encore de nombreuses possibilités. Leur prospection doit s'appuyer sur des modèles issus de l'étude de la dynamique interne et de surface. Les risques naturels constituent une menace permanente pour les populations; seules leur prévision et l'éducation des populations en atténueront les effets. Les programmes visent à reconstituer l'histoire géodynamique de régions concernées ainsi qu'à définir les causes et les modes de déclenchement de phénomènes destructeurs : tremblements de terre, éruptions, glissements de terrain, inondations.

- Disciplines : géologie, géophysique, pédologie, géographie physique;
- Moyens : 60 chercheurs et techniciens environ.

### 3 - Dynamique et usages des ressources en eau

Optimiser l'exploitation des systèmes "naturels" (eau, sols, végétation) et anthropisés (cultures irriguées, aquaculture...) sans mettre en cause leur durabilité, constitue une nécessité face à l'accroissement de la production agricole, base du développement écono-



**Les lavandiers au lavoir de Banco (Côte d'Ivoire).**

mique et social des pays en développement. L'élaboration de solutions implique de caractériser et de prévoir leur variabilité dans l'espace et dans le temps. A ces fins, des recherches sont menées sur le fonctionnement physique et chimique des composantes des bassins versants, des échelles locales aux échelles régionales. L'eau est considérée d'un triple point de vue : agent d'altération (interactions avec la géosphère, en particulier les sols), vecteur de transport d'éléments (bilans, etc.) et ressource renouvelable (quantité, qualité, etc.).

- Disciplines : hydrologie, agronomie, pédologie, socio-économie;
- Moyens : 170 chercheurs et techniciens environ.

### 4 - Dynamique et usages des milieux terrestres

Des études interdisciplinaires sont menées sur des sites-ateliers afin de comprendre le fonctionnement physique, chimique et biologique des milieux terrestres et d'appréhender les dimensions sociales et environnementales de la gestion des ressources de ces milieux. Un des

**Washermen at the Banco (Côte d'Ivoire) wash-house.**

the biosphere. The aim is to develop predictive models of climatic variability and to evaluate the environmental impact at the local and regional levels.

- Disciplines: physical and chemical oceanography, hydrology, hydrometeorology, glaciology, quaternary geology, sedimentology, etc.;
- Resources: about 100 researchers and technicians.

### 2 - Geodynamic approach to mineral resources and natural hazards

In many developing countries, there are still a great many opportunities for underground exploration. Prospecting must be based on models derived from studies of underground and surface dynamics. Natural hazards pose a constant threat to human populations. The only means of reducing their impact is by forecasting them and educating the people at risk. The programmes are designed to reconstruct the geodynamic history of the regions concerned in order to define the underlying causes and triggering

factors of destructive phenomena: earthquakes, volcanic activity, landslides, flooding.

- Disciplines: geology, geophysics, pedology, physical geography, etc.;
- Resources: about 60 researchers and technicians.

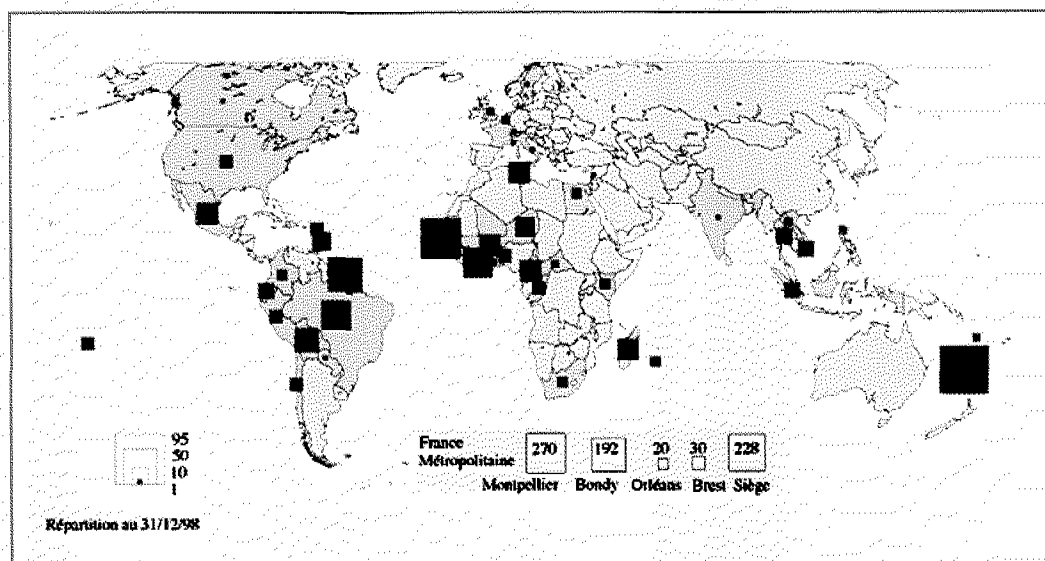
### 3 - Dynamics and uses of water resources

Optimising the exploitation of "natural" (water, soil, vegetation) and anthropogen (irrigated agriculture, aquaculture, etc.) systems without jeopardising their sustainability, is a necessity given the increase in agricultural production, the basis of economic and social development for developing countries. Before solutions can be developed, the variability of these systems in space and time must first be characterised and predicted. To this end, research is conducted into the way the physical and chemical components of the catchment basins function, on both the local and regional scale. Water is considered from three points of view: weathering agent (interactions with the geosphere, especially soils), vector of elements (diagnostics, etc.) and renewable resources (quantity, quality, etc.).

- Disciplines: hydrology, agronomy, pedology, socio-economics, etc.;
- Resources: 170 researchers and technicians.

### 4 - Dynamics and uses of terrestrial environments

Interdisciplinary studies are carried out through on-site studies in order to understand the physical, chemical and biological functioning of the earth's environments and comprehend the social and environmental

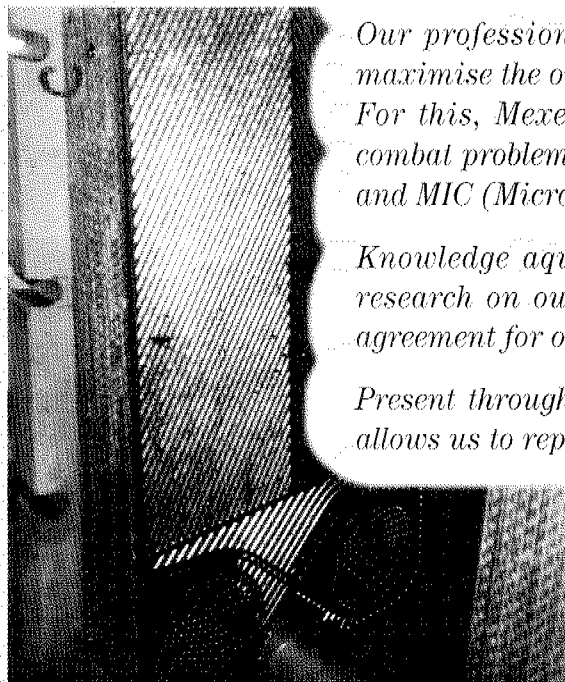


**Carte de répartition des personnels de l'IRD.**

**Map showing distribution of IRD personnel.**

# MEXEL®

## Specialists in the Treatment of Hydraulic Systems



*Our profession is to provide technically innovative solutions to maximise the on-line factor of industrial hydraulic installations. For this, Mexel SA, has developed a large range of products to combat problems such as corrosion, micro & macro-biofouling, scale and MIC (Microbiologically Induced Corrosion).*

*Knowledge acquired through fundamental and applied scientific research on our products has permitted us to obtain the US EPA agreement for one of our products.*

*Present throughout the world, our distribution and service network allows us to reply rapidly to the needs of all our clients.*

Head Office :

3, rue Mirabeau

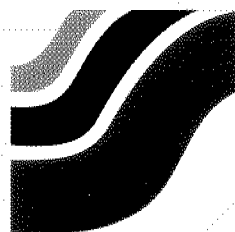
59370 Mons-en-Barceul - France

Tél. : 33 (1) 46333464

Fax : 33 (1) 55429501

e-mail : [info@mexel.fr](mailto:info@mexel.fr)

<http://www.mexel.fr>



# stereau

*Notre métier : concevoir  
et construire des ouvrages  
de traitement d'eaux usées  
et de production  
d'eau potable.*

**Nous avons 9001 raisons de vous satisfaire**



objectifs est de rendre compte de leur dégradation ou de leur raréfaction et de jeter les bases de leur gestion durable dans une perspective de co-viabilité.

- Disciplines : pédologie, phyto-écologie, agronomie, hydrologie, télédétection, géologie, zoologie physique et humaine, nématologie, microbiologie, nutrition, archéologie, anthropo-sociologie, démographie, socio-économie, droit;

- Moyens : 185 chercheurs et techniciens environ.

### 5 - Dynamique et usages

#### des milieux aquatiques, marins, littoraux et continentaux

Les écosystèmes aquatiques marins assurent une part importante du revenu et la base de l'alimentation de nombreux pays en développement. Les ressources qui en sont tirées présentent souvent des signes de surexploitation. Ces systèmes sont aussi des écosystèmes fragiles dont le fonctionnement est encore mal compris.

L'objectif est de comprendre le fonctionnement de ces écosystèmes naturels, exploités ou exploitables afin d'aider à la rationalisation de leur gestion durable. Cela implique de connaître leur variabilité naturelle ainsi que les interactions entre les différents usages qui en sont faits : pêche, navigation, tourisme, aquaculture...

- Disciplines : océanographie, halieutique, hydrobiologie, sédimentologie, socio-économie;

- Moyens : 130 chercheurs et techniciens environ.

#### 6 - Bases biologiques de la valorisation agricole et agro-industrielle de la biodiversité

Le développement d'une production agricole durable dans les pays du Sud se fonde sur l'exploitation de la diversité du monde vivant et exploite un champ scientifique qui va de l'amélioration génétique des plantes cultivées à la mise en place de systèmes de gestion intégrée. La recherche est finalisée



**Bidonville résiduel dans une zone inondable non encore viabilisée. Baraques en matériaux de récupération très morcelés. Lignes électriques pirates. Sur l'unique rue en terre, improbables rigoles d'eaux usées.**

**Shantytown remaining in flood risk area not yet serviced. Shacks made of small pieces of scrap material. Pirated electricity connections. On the only earth road, open sewage channels.**

vers le maintien de la capacité de production des agrosystèmes, de leur protection et de leur restauration.

Les questions suivantes seront abordées sur un nombre restreint d'espèces tropicales, comme le manioc, le mil, le café, le palmier, le cocotier, le riz, le maïs, l'hévéa.

- Disciplines : entomologie, nématologie, botanique, génétique, phytopathologie, microbiologie, physiologie végétale;

- Moyens : 130 chercheurs et techniciens environ.

#### 7 - Santé et politiques de développement

Les maladies à vecteurs (paludisme, trypanosomiasés, arboviroses, schistosomiasés), les maladies virales (fièvres hémorragiques) et le sida, première cause de mortalité

dimensions of resource management in such environments. One of the aims is to determine the extent to which they have deteriorated or become scarce and to lay the foundations for their sustainable and integrated management.

- Disciplines: pedology, phyto-ecology, agronomy, hydrology, remote sensing, geology, physical and human zoology, nematology, microbiology, nutrition, archaeology, social anthropology, demography, socio-economics, law, etc.;

- Resources: about 185 researchers and technicians

#### 5 - Dynamics and uses of aquatic, marine, littoral and continental environments

Marine aquatic ecosystems provide a major share of the revenue

and the staple diet of numerous developing countries.

These resources often show signs of over-exploitation. These ecosystems are fragile and are still not well understood. The aim is to understand the functioning of these natural, exploited or exploitable ecosystems to help to make their management more rational and thereby sustainable.

This implies knowing about their natural variability and the interactions between the different uses to which they are put: fishing, shipping, tourism, aquaculture, etc.

- Disciplines: oceanography, halieutics, hydrobiology, sedimentology, socio-economics;

- Resources: about 130 researchers and technicians.

#### 6 - Biological bases of the agricultural and agro-industrial valorisation of biodiversity

The development of lasting agricultural production in countries of the South is based on exploiting the diversity of the living world and takes advantage of a scientific field ranging from genetic improvement of cultivated farm crops to the setting up of integrated management systems.

The ultimate aim is to maintain the production capacity of agricultural systems, protect and rehabilitate them.

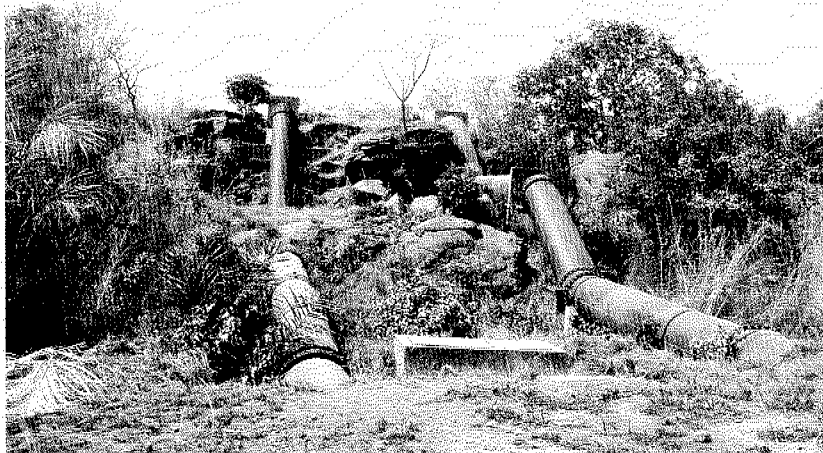
The following questions are dealt with in terms of a limited number of tropical species, such as manioc, millet, coffee, palm, coconut, rice, maize and hevea.

- Disciplines: entomology, nematology, botany, genetics, plant pathology, microbiology, plant physiology, etc.;

- Resources: about 130 researchers and technicians.

#### 7 - Health and development policies

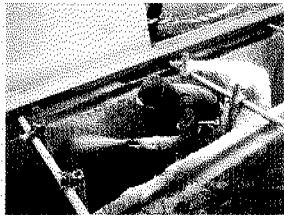
Vector transmitted disease (malaria, trypanosomiasés,



**Amenée d'eau pour l'irrigation du périmètre sucrier de Banfora (SOSUCO, Société sucrière de la Comoé). Proximité de Bérégadougou, province de la Comoé (Burkina Faso).**

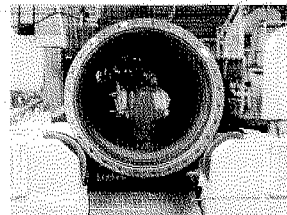
**Water supply for irrigation of sugar cane area of Banfora (SOSUCO, a Comoé sugar producer). In the vicinity of Bérégadougou, Comoé province (Burkina Faso).**

## CORROSION AND ABRASION-RESISTANT MORTARS FOR WASTEWATER APPLICATIONS



**SewperCoat**  
pre-mixed mortars

**Calcoat**  
calcium aluminat  
cement



For new structures and renovation

On ductile iron, steel and concrete

28 rue Émile Meunier, 75782 Paris



Tél. : 01 53 70 37 01 - Fax : 01 53 70 38 88

## ÉCOLE NATIONALE DU GÉNIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT DE STRASBOURG



1, quai Koch - B.P. 1039 F  
67070 STRASBOURG Cedex  
Tél. +33 (0)3 88 24 82 82  
Fax +33 (0)3 88 37 04 97  
Minitel : 3615 ENGEES

E-mail : [engees@engees.u-strasbg.fr](mailto:engees@engees.u-strasbg.fr)  
Web site : <http://www-engees.u-strasbg.fr>

### A water engineering programme with a special attention to environmental issues

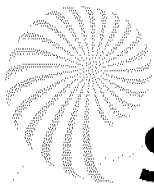
#### →3 One-Year specialisations :

- Water and Wastewater Engineering
- Solid Waste Management
- Management and engineering of Water and Sanitation Services

Deadline for applications : 30.06.2000

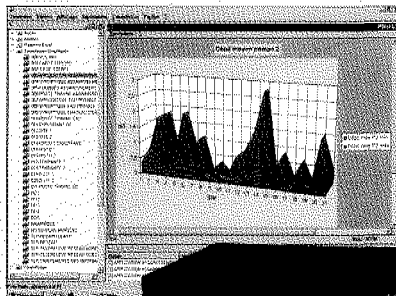
#### →Continuing Education :

About 50 to 60 specialised one-week sessions organised every year for graduates from water and environmental engineering schools and for managers on different topics related to water engineering and management.



# SOFREL

## TELEGESTION DE RESEAUX

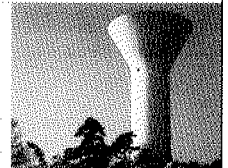


**+ DE 35 000 sites équipés**

### De la téléalarme à la télégestion

#### DES MULTIPLES FONCTIONS

- ◆ Téléalarme, télégestion
- ◆ Télécomptage, télérelève de compteurs
- ◆ Télécommande, automatisme
- ◆ Archivages, calculs, bilans
- ◆ Serveur local



EAU POTABLE

#### DES APPORTS PERMANENTS

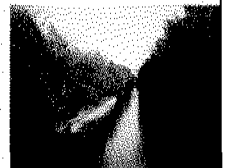
- ◆ Contrôle et alerte 24 H / 24
- ◆ Optimisation de fonctionnement
- ◆ Réduction des coûts d'exploitation
- ◆ Diagnostic permanent
- ◆ Aide à la maintenance



ASSAINISSEMENT

#### GARANTIES ET SERVICES

- ◆ 25 ans d'expérience
- ◆ Etudes et fabrication certifiées ISO 9001
- ◆ Produits garantis 3 ans
- ◆ 5 centres de formations agréés
- ◆ Hot line technique
- ◆ Assistance téléphonique étude et conseil



IRRIGATION

SOFREL  
2, rue du Plessis - 35770 Vern-sur-Seiche - Rennes - France  
Tél. +33 (0)2 99 04 89 00 - Fax +33 (0)2 99 04 89 01  
Web : [www.sofrel.com](http://www.sofrel.com)

des jeunes adultes dans les pays en développement, ainsi que les pathologies de dénutrition touchent de vastes zones intertropicales où les insuffisances de l'organisation sanitaire ne permettent pas de les maîtriser. L'objectif est de conduire des recherches sur la santé et les facteurs qui la conditionnent en vue de développer et d'optimiser les moyens de prévention et de contrôle des maladies.

- Disciplines : épidémiologie, génétique, biologie moléculaire, entomologie, parasitologie, virologie, biochimie, nutrition, démographie, géographie humaine, économie et anthropologie de la santé;

- Moyens : 160 chercheurs et techniciens environ.

### 8 - Question urbaine et politiques de développement

La moitié de la population du globe vit dans les zones urbaines et cette proportion devrait encore s'accroître dans les pays en développement (mégalofoles).

Dans un contexte de désengagement de l'État, se posent de nouveaux problèmes de gestion des villes qui sont, par ailleurs, plus vulnérables aux risques naturels, épidémiologiques et sociaux. Simultanément, la ville est perçue comme un moteur du développement, entraînant des économies d'échelle et une amélioration de la production.

- Disciplines : géographie, économie, statistique, socio-anthropologie, démographie, hydrologie, sismologie;

- Moyens : 40 chercheurs et techniciens environ.

### 9 - Développement social et économique

Les grandes régions du monde connaissent des développements économiques et sociaux divergents. La mondialisation transforme profondément les ressorts de ces divergences en les inscrivant non plus à l'intérieur des frontières nationales mais dans une nouvelle articulation entre nations et dans de nouveaux rapports entre l'économique, le social et le politique. Les recherches portent sur les modèles de développement des pays du Sud. La croissance économique, la répartition des revenus, les rapports public / privé et institutions / marché, les systèmes d'éducation, le recours aux mobilisations identitaires face aux crises et conflits sont des thèmes privilégiés.

- Disciplines : économie, sciences politiques, géographie humaine, démographie, socio-anthropologie;

- Moyens : 90 chercheurs et techniciens environ.

Il convient enfin de rappeler que les missions de l'institut ont évolué et que les champs de recherche sont aussi le support de la formation des cadres scientifiques et techniques des pays concernés, associés à des réseaux de coopération scientifique qui favorise la qualité de la recherche même dans les pays les plus pauvres. Dans sa présentation de la nouvelle entité à la presse, le 8 septembre 1999, Philippe Lazar, Président du conseil d'administration, a insisté sur ce rôle "d'ensemblier du développement" de l'IRD, en évitant de se poser en coordinateur, pour rassembler les efforts nationaux au service du développement. ■

arboviroses, schistosomiases), viral diseases (haemorrhagic fever) and AIDS, the leading cause of death in young adults in developing countries, in addition to pathologies related to undernutrition, affecting vast intertropical zones where the inadequacy of the health infrastructure makes them impossible to control. The aim is to conduct research into health and health factors to try to develop and optimise disease prevention and control resources.

- Disciplines: epidemiology, genetics, molecular biology, entomology, parasitology, virology, biochemistry, nutrition, demography, human geography, health economic and anthropology, etc.;

- Resources: 160 researchers and technicians.

### 8 - The urban question and development policies

Half the world's population lives in urban areas and this proportion is likely to increase further in developing countries (megapolitis). Within the context of State disengagement, new problems arise relating to the management of towns which are, furthermore, more vulnerable to natural, epidemiological and social hazards. Simultaneously, the town is viewed as a motor for development, creating economies of scale and improved production.

- Disciplines: geography, economics, statistics, social anthropology, demography, hydrology, seismology, etc.

- Resources: 40 researchers and technicians.

### 9 - Social and economic development

The major regions of the world experience divergent economic and social development. Globalisation is profoundly changing the driving forces behind these divergences, which are no longer contained within national borders but involve new interactions between countries and new relationships between economic, social and political factors. Research focuses on development models for countries of the South. Special attention is given to economic growth, income distribution, relationships between public / private and institutions / markets, education systems, and a concerted effort when faced with crises and conflicts.

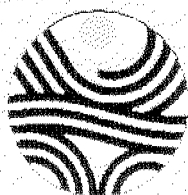
- Disciplines: economics, political science, human geography, demography, social anthropology, etc.;

- Resources: about 90 researchers and technicians.

Lastly, it should be pointed out that the Institute's missions have evolved and that the fields of research also serve for training scientific and technical staff in the countries concerned, associated with scientific co-operation networks promoting the quality of research even in the poorest of countries.

In presenting the new Institute to the press on 8 September 1999, Philippe Lazar, President of the Administrative Council, underlined the IRD's role as a development "designer", rather than co-ordinator, bringing together national efforts on behalf of development. ■

## INTERNATIONAL HYDROLOGICAL PROGRAMME RELATED MEETINGS LISTED BY DATE



- GROUNDWATER 2000. International Conference on Ground-

- water Research: Copenhagen, (Denmark), 6 - 8 June 2000

- New Trends in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-Compatible Solutions for Aquatic Environments: Capri, (Italy), 3 - 7 July 2000

- The Extremes of the Extremes - International Symposium on Extraordinary Floods: Reykjavik, (Iceland), 17- 19 July 2000

- Eighth International Symposium on Stochastic Hydraulics (ISSIH2000): Beijing, (China), 25 - 28 July 2000

- IFWF 2000 - International Workshop on development and management of flood plains and wetlands: Beijing, (China), 5 - 8 September 2000

- SISOLS 2000 - Sixth Interna-



## DÉSHYDRATATION DES BOUES SLUDGE DRYING

Filtres-presse mobiles  
à chambres

Mobile filter presse  
(chambers)



# JEAN LAMESCH

LAMESCH S.A.

Zoning Industriel - B - 5590 Ciney - Belgique  
Tél. 00 32 83 21 49 41 - Fax 0032 83 21 39 53

Contact : Alain Pierret

## Detection of leakages Supervision of networks

water

gas

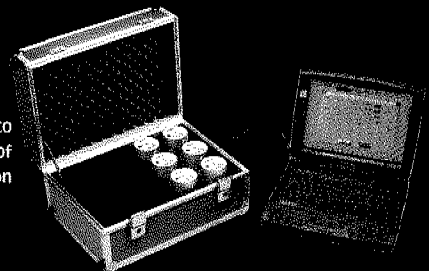
cleansing

electricity

- Instruments easy to use, strong and reliable
- Car equipments adapted to each case
- Formation and advice all around the world
- ISO 9001 Certification



Realisation of car equipments by specialists in our factory



An exclusive system to localize leakages of water canalisation



Pipe and cable locating electromagnetic system

# SEWERIN



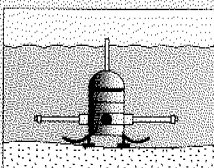
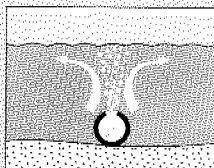
BP 211 - F-67727 Hoerdt Cedex - Tél : (33) 03 88 68 15 15 - Fax : (33) 03 88 68 31 77

## Aqua Technique

*Une expérience confirmée  
dans l'ingénierie de la lutte  
contre les effets de l'eutrophisation  
des lacs et des retenues*

### BRASSER LES EAUX

Le procédé DAD assure un brassage complet de la masse d'eau et évite ainsi l'anoxie des couches d'eau inférieures



**MAINTENIR UN MILIEU OXYGÈNE**  
Le LIMNO permet de maintenir au fond d'un plan d'eau profond une teneur minimale en oxygène dissous

*Nous prenons soin de l'eau*

Consultez notre site : <http://www.aquatech.fr>

Parc de l'Île - 15/27, rue du Port - BP 727 - 92007 Nanterre Cedex - France  
Tél. 01 46 14 71 73 - Fax 01 46 14 71 69 - e-mail : aquatech@club-internet.fr

*tional Symposium on Land Subsidence: Ravenna, (Italy), 25 - 29 September 2000*

*\* International Conference on Agricultural Effects on Ground*

*and Surface Waters: Wageningen, (Netherlands), 1 - 4 October 2000*

*\* IAH 30th Congress 2000 The International Association of*

*Hydrogeologists: Cape Town, (South Africa); 26 November - 1 December 2000*

*Contact: Deidre Cloete - Tel.: + 27 21 886 4496 - Email:*

*deidre@iafrica.com*

*For more information about International Hydrological Programme - IHP - and meetings: <http://www.unesco.org>*

## Une conférence originale sur la "Variabilité des ressources en eau en Afrique au XX<sup>ème</sup> siècle"

Dans le contexte des thématiques politique, financière et technique de l'exploitation et de la gestion de l'eau qui constituent ce numéro 2 de l'EIN International, il nous a paru important de ne pas oublier ce qui se passe à l'amont, c'est à dire la bonne connaissance de la ressource et de sa variabilité au niveau des bassins versants fluviaux et des régions climatiques. C'est pourquoi nous rappelons l'intérêt du contenu de la conférence internationale de novembre 1998 à Abidjan - présentée par l'IRD (ex Orstom) - conférence qui un an après reste parfaitement actuelle.

La Conférence Internationale "Abidjan98" était organisée conjointement par l'Unesco (Programme Hydrologique International), l'Association Internationale des Sciences Hydrologiques (AISH), l'Association des Hydrologues Africains (AAIH) et l'Orstom (depuis devenu IRD) sur le thème "Variabilité des ressources en eau en Afrique au XX<sup>ème</sup> siècle". D'autres partenaires ont également apporté leur contribution à l'organisation de la Conférence : Les ministères de la Coopération Française, de la Coopération Suisse, l'Académie Suisse des Sciences Naturelles, la Fondation Tropenbos, l'OMM et l'Union Européenne.

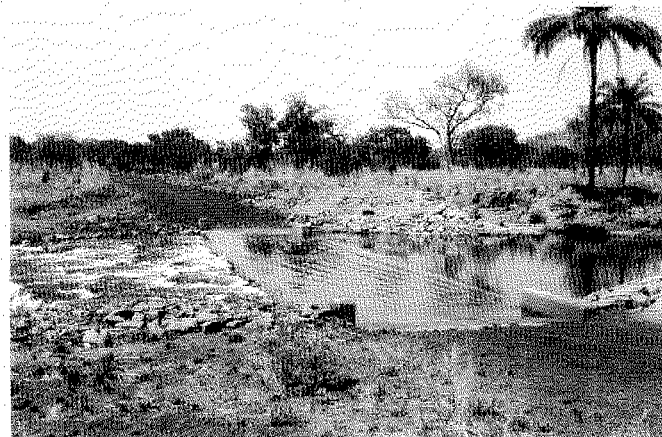
### Objectifs de la conférence

Le continent africain est caractérisé par des situations très contrastées en matière de ressources en eau. On y trouve aussi bien des régions désertiques que des régions forestières aux précipitations abondantes, voire excessives en certains endroits.

Outre cette forte hétérogénéité spatiale, l'histoire récente montre que la disponibilité de l'eau peut subir de très significatives fluctuations au cours du temps. C'est ainsi que, durant le XX<sup>ème</sup> siècle, des périodes sèches et humides ont alterné en Afrique de l'Ouest, en Afrique de

l'Est et en Afrique Australe, ces périodes n'étant pas nécessairement les mêmes pour toutes ces régions.

Cette importante variabilité spatiale et temporelle crée, à l'échelle du continent, de nombreux problèmes relevant de la notion de risque dans tous les secteurs de la gestion des ressources en eau : agriculture traditionnelle, agriculture irriguée, production hydroélectrique, consommation domestique ou risques liés aux crues en zones rurales et urbaines. Dans le domaine de l'environnement, ces fluctuations peuvent également entraîner de sérieuses perturbations sur la faune comme sur la flore.



**Radier, province de la Comoé (Burkina Faso).**

## An original conference on "Water resources variability in Africa during the XXth century"

Within the context of the political, financial and technical themes of water exploitation and management which form the basis for this second issue of EIN International, we felt it was important not to lose sight of what happens "upstream", namely a good knowledge of the resource and its variability at the level of river catchment basins and climatic regions. That is why we are including a reminder of the importance of the International Conference held in november 1998 in Abidjan - presented by IRD (formerly Orstom) - a conference that one year on is as topical as ever.

The International Conference "Abidjan98" was organised jointly by Unesco (International Hydrological Programme), the International Association of Hydrological Sciences (IAHS), the African Hydrologists Association (AHIA) and Orstom (now IRD) on the theme of "Water resources variability in Africa during the XXth century".

Other partners also contributed to the organisation of the Conference: the French and Swiss Ministries for Co-operation, the Swiss Academy of Natural Sciences, the Tropenbos Foundation, the WMO and the European Union.

### Objectives of the Conference

The African continent is characterised by highly contrasting situations in terms of water resources. While there are desert regions there are also forested areas with abundant and, in some cases over-abundant, rainfall.

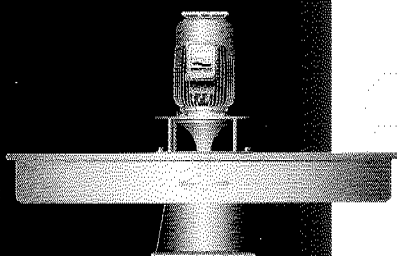
In addition to this considerable spatial heterogeneity, recent history has demonstrated that there can be highly significant fluctuations over time. During the 20th century, for example, dry and wet periods have alternated in west Africa, east Africa and southern Africa, these periods not necessarily coinciding in all the regions.

At a continental level this major spatial and temporal variability creates numerous problems related to risk in all sectors of water resource management: traditional agriculture, irrigated agriculture, hydroelectric power production or risks related to flooding in rural and urban areas. In the environmental field, these fluctuations may also have serious repercussions for both the fauna and flora.

In the case of the Sahel and, more generally, west Africa,

# Europelec

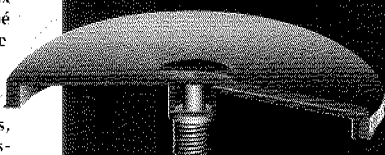
## votre partenaire environnement



*Protéger la  
qualité de l'eau,  
c'est le combat  
que nous  
menons depuis  
plus de 30 ans.*

Fort de cette expérience dans le traitement des eaux usées, nous avons développé toute une gamme de matériels, conçue dans un souci de performance et de sécurité.

Dégrilleurs, dégraisseurs, ponts raclers, épaisseuriers, aérateurs de surface, diffuseurs d'air fines bulles... Nous trouverons toujours la solution à votre problème.



Europelec,  
8 rue d'Aboukir - 75002 Paris  
Tél.: 33 (1) 44 82 39 50  
Fax : 33 (1) 44 82 39 51  
<http://www.europelec.com>  
E-mail : [info@europelec.com](mailto:info@europelec.com)

## L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES

Un mensuel de référence dans le domaine de l'eau

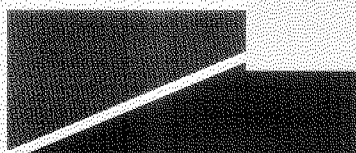


- Des articles techniques, conçus et réalisés par les meilleurs spécialistes de la profession;
- Les échos, qui vous donnent les dernières nouvelles des sociétés, des agences de l'eau, des associations, et d'une manière générale de tous les acteurs et opérateurs de ce secteur;
- Les nouveautés techniques, une sélection des derniers matériels produits;
- La bibliothèque qui présente les derniers livres parus;
- Des enquêtes, des reportages;
- Et des histoires d'eau à caractère anecdotique.

Revue mensuelle (12 numéros par an), prix de l'abonnement :  
France : 620 F TTC ou 94,51 €  
Étranger : 720 F ou 109,76 €

Pour s'abonner : ÉDITIONS JOHANET  
30, rue René Boulanger - 75010 Paris  
Tél. 33 (1) 42.40.00.08 - Fax 33 (1) 42.40.26.46  
Internet: [www.editions-johanet.com](http://www.editions-johanet.com)  
E-mail : [edjo@club-internet.fr](mailto:edjo@club-internet.fr)

## ENVIRONMENT DESIGN AND ANALYSIS CENTER



# IREPOLIA

*«Bringing you the best solutions is our business»*

With overall services concerning:

### WATER, EFFLUENT, SLUDGES, SOILS, WASTES

for studies and responses concerning:

**treatment, improvement or recycling**

we offer you the partnership of

**a professional in terms of experience and independence**

**IREPOLIA**

**BP 29 - 44980 STE LUCE SUR LOIRE - FRANCE**

**☎ 33 (0)2 51 85 05 61 - Fax: 33 (0)2 51 85 05 62 - E-mail: [info@irepolia.com](mailto:info@irepolia.com)**

Dans le cas particulier du Sahel et, plus généralement, de l'Ouest Africain, la sécheresse y sévit depuis près de 25 ans avec pour conséquence une diminution très marquée des précipitations et des apports annuels des cours d'eau. Un tel phénomène pose la question de l'existence de nouvelles conditions hydrologiques et donc de la nécessité de définir de nouvelles normes en matière de disponibilité des ressources en eau.

En portant un intérêt particulier au XX<sup>ème</sup> siècle la Conférence d'Abidjan avait pour objectif de faire le point sur la variabilité des ressources en eau de l'Afrique et sur ses conséquences. Elle a traité des aspects suivants :

- Variabilité des régimes pluviométriques africains;
- Variabilité des régimes hydrologiques africains;
- Modification des facteurs de l'écoulement (relation "pluie-débit" en particulier) en relation avec la variabilité des régimes pluviométriques et hydrologiques africains;
- Interrelations entre variabilité des ressources en eau et activités anthropiques;
- Eco-hydrologie dans un contexte de variabilité des ressources en eau. Ce faisant, la conférence était inscrite dans le contexte mondial des réflexions actuelles vis à vis des relations entre eau, développement et environnement auxquelles elle ambitionne d'apporter une contri-



Michel Longhi

**Abreuvement des troupeaux sur puisards dans la mare asséchée en saison sèche à Oudalan (Nord Cameroun).**

**Livestock at watering holes in a dried up lake during the dry season in Oudalan (Northern Cameroun).**

buton scientifique originale. Plus de cinquante communications et quarante posters ont été présentés, lors de cette manifestation, par des scientifiques venant d'Europe, d'Amérique et de toutes les régions d'Afrique. Les actes d'Abidjan'98 sont publiés dans la collection des "Livres Rouges" de l'IAISH. (Association Internationale des Sciences Hydrologiques). ■

there has been a drought for almost 25 years, with a very marked drop in the amount of rainfall and in river levels. This phenomenon raises the question of the existence of new hydrological conditions and therefore of the need to define new standards on the availability of water resources. Concentrating on the 20th cen-

tury, the Abidjan Conference was held to take stock of the situation regarding water resources variability in Africa and its consequences. It dealt with the following aspects:

- Variability of African rainfall regimes;
- Variability of African hydrological regimes;
- Modification of drainage factors (in particular the "rainfall-flow" relationship) in connection with the variability of African rainfall and hydrological regimes;
- Interrelations between water resources variability and human activities;
- Ecohydrology in the context of water resources variability.

In view of the chosen themes, the Conference was in keeping with the discussions currently taking place throughout the world on the relationships between water, development and the environment, a subject on which it hoped to make an original scientific contribution.

During the Conference, over fifty communications and forty posters were presented by scientists from Europe, America and all regions of Africa. The proceedings of the Abidjan'98 Conference have been published in the "Red Books" series by IAISH (International Association of Hydrological Sciences). ■

## LE GUIDE DE L'EAU

est un annuaire de plus de 920 pages indispensable à tous ceux qui sont concernés par l'eau à l'échelle industrielle ou urbaine depuis la recherche d'eau jusqu'au rejet, en passant par les différentes méthodes de traitement et d'épuration.

Cet ouvrage, qui contient plus de 20000 noms et adresses, est composé de quatre chapitres :

- **LES CADRES INSTITUTIONNELS :** Structures administratives du niveau international au niveau local, établissements publics, textes législatifs et réglementaires;
- **LES POUVOIRS PUBLICS :** Les pouvoirs publics, les organismes d'étude et de recherche, les organismes de formation, les associations, syndicats professionnels, les laboratoires agréés, les publications périodiques, livres, banques de données, services télématiques, etc...;
- **LES UNITÉS D'INTERVENTION :** Les agences et leurs programmes d'intervention;
- **L'ADRESSE DE CHAQUE ET DE CHAQUE :** Le répertoire alphabétique des fournisseurs et prestataires de services, le répertoire thématique professionnel.



Édition 1999-2000, relié, 920 pages, format 21 x 29,7 cm, 1300 F TTC ou 198,28 € - livré avec un CD-Rom.

ÉDITIONS JOHANET - 30, rue René Boulanger - 75010 Paris

Tel. 01 44.84.78.78 - Fax 01 42.40.26.46 - Internet: www.editions-johanet.com - E-mail: info@editions-johanet.com

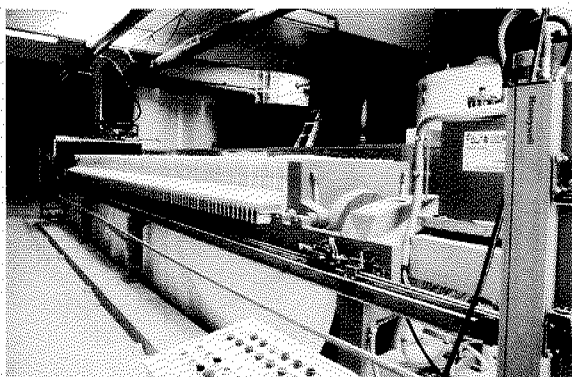




## FILTRES PRESSES POMPES À MEMBRANES

[www.filtre-presse.com](http://www.filtre-presse.com)

TECHNOLOGIES POUR LE FUTUR



FILTRE PRESSE TITAN 218

**FAURE**  
Equipements SA

Tél. 05 55 30 12 60  
Fax 05 55 06 16 03  
e-mail : faureequip@inext.fr

21, rue Santos Dumont - ZI Magré - BP 52 - 87002 Limoges



## The capacity to adjust

### Electronic or Motor Driven Dosing Pumps Custom-designed Dosing Systems

- Flow from 0 to 30 000 litre/hour
- Pressure from 0 to 700 bar

### Agitators and propeller mixers

- volumes from 30 l to more than 3 000 m<sup>3</sup>

### Comprehensive solution

from Design to After Sales

### Accurate solution

with Milton Roy, the largest manufacturer of metering pumps

### Wide-range solution

fits the widest range of fluids for all industries

- Water Treatment
- Oil and Gas Treatment, Energy
- Chemical and Petrochemical Processing...

**Worldwide network of more than 130 representatives**

**DOSAPRO  
MILTON ROY**

Dosing and mixing of fluids

B.P. N° 5 - 27360 Pont-Saint-Pierre - France  
Tel : +33 (0)2 32 68 30 00 • Fax : +33 (0)2 32 68 30 93  
<http://www.dosapro.com>  
Email : [contact@dosapro.com](mailto:contact@dosapro.com)

**L'ingénierie  
dans la dépollution de l'air**

- Traitement des rejets gazeux corrosifs, nocifs et odorants
- Laveur de gaz, biofiltres, zéolithes, charbon actif

**Air depollution  
engineering**

- Treatment of corrosive, dangerous and odorous gas
- Scrubber, biofilter, zeolites, active coal

**EUROPE ENVIRONNEMENT**  
<http://www.europe-environnement.com>

**EUROPE ENVIRONNEMENT**  
9 RUE GUTENBERG - Z.I. - 68800 VIEUX-THANN - FRANCE  
TEL. (33) (0)3 89 37 41 41 • FAX (33) (0)3 89 37 47 30

## Une association pour l'eau "et plus si affinités"



L'association française "Eau Vive" a, comme son nom l'indique, commencé par prioritairement améliorer l'approvisionnement en eau des villages du Sahel. A sa création en Mars 1978 (à l'initiative de Xavier Mallet, alors patron des Pompes Guinard), l'objectif de l'association était très simple : venir en aide aux villages du Sahel qui font face alors à une terrible sécheresse. Pendant plus de dix ans, Eau Vive a contribué à la construction de plusieurs centaines de points d'eau, qu'il s'agisse de puits, de forages ou de barrages pour l'adduction d'eau.

Progressivement, ce financement d'équipements a été complété par des actions d'accompagnement (aménagement de surface, lutte anti-érosive, formation de techniciens locaux, reboisement, éducation sanitaire, etc.) de façon à rendre l'équipement hydraulique cohérent et efficace.

Mais surtout, l'association constate à travers le suivi de ses interventions que l'assistance technique n'est pas une politique de développement confortée par la responsabilisation et l'autonomisation des villages auxquels Eau Vive a apporté son aide. Il faut définir un appui limité au développement villageois et qui répond à une demande formalisée des villageois.

La contribution d'Eau Vive se limite désormais volontairement et strictement au nécessaire : Conseil, accompagnement, compléments financiers au financement principal monté et réuni par les villageois.

"Ces femmes et ces hommes des villages sont souverains et responsables

de leur destinée. Et croyez moi, ils en sont conscients et sont parfaitement capables de relever le défi. (...) Au sortir d'une rencontre de villages avec des élus locaux, un chef de village confiait : "ce que j'ai appris à cette rencontre, nul ne peut le trouver sur aucun marché du monde". C'est une réalité pleine de sens, écrit récemment Jean-Bosco Bazié, représentant d'Eau Vive pour le Sénégal.

Il ajoute : "L'autre fait marquant de notre évolution interne, c'est l'africanisation de l'équipe d'Eau Vive. Il fallait, et cela a été fait, responsabiliser les compétences locales, leur donner les moyens d'apporter appui et conseil dans les villages : ce qui est valable pour les villages l'est d'abord pour Eau Vive. (...) Ce que je peux leur apporter, c'est un peu plus de rigueur dans l'analyse de la situation et dans la recherche de solutions appropriées durables."

Mais qui sont les auteurs de cette profession de foi, de cette remise en cause permanente du rôle volontairement en retrait de l'association? Bien sûr des membres fondateurs qui depuis plus de 20 ans maintenant veillent, comme Xavier Mallet, à la vocation de l'association, à son efficacité, à son humilité pour ne pas s'embourber dans une routine d'assistance où la "coopération" a souvent perdu son sens profond,

## An association for water "and more if compatible"

The French association "Eau Vive" (i.e. "flowing water") began, as its name suggests, by giving priority to improving the supply of water to villages of the Sahel. When it was set up in March 1978 (at the initiative of Xavier Mallet, then head of Pompes Guinard), the association's aim was very simple: to come to the aid of villages of the Sahel suffering from a terrible drought. For over ten years, Eau Vive helped to provide hundreds of wells, boreholes or dams to supply water.

Gradually, the financing of basic installations began to be accompanied by complementary work (surface regulation, erosion control, training of local technicians, tree-planting, health education, etc.) in order to make the water installations more coherent and effective.

However, experience soon showed that a development policy based purely on technical assistance did not help villages to become self-reliant. Support must be limited to village development in response to a formal request from the villagers.

Now, Eau Vive voluntarily limits its contribution to the strict minimum: advice, support and additional financial aid once the

villagers have organised and secured the main source of finance.

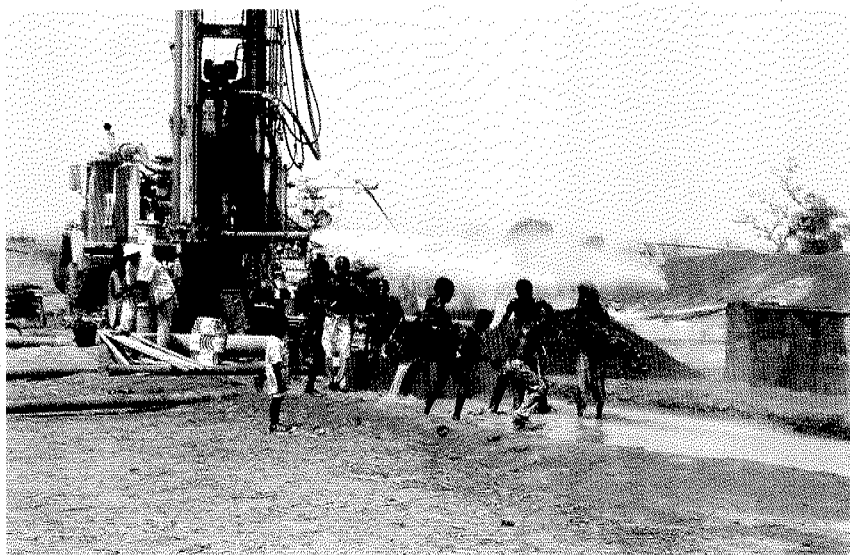
"For these village men and women the future is entirely in their own hands. And believe me they are aware of the fact, and are perfectly capable of taking up the challenge (...) At the end of a meeting between villagers and their local representatives, the head of a village confided: What I learnt at this meeting couldn't have been found anywhere else in the world. It's a truism full of good sense", writes Jean-Bosco Bazié, Eau Vive representative for Senegal.

He adds: "The other notable point in our internal development is the Africanisation of the Eau Vive team. We needed to take advantage of local expertise, thus making local people responsible for giving villages the benefit of their support and advice: what is valid for the villages is likewise valid for Eau Vive (...) What I can bring to bear is a more rigorous approach in analysing the situation and finding suitable and lasting solutions."

But who are the authors of this profession of faith, of this permanent reappraisal of the association's voluntarily taking a back-seat role? They are of course the founding members who, for more than 20 years have, like Xavier Mallet, been watching over the role of the association, its effectiveness, and its humility, so as not to become bogged down in routine assistance where "co-operation" has tended to lose its original meaning, but also the association's permanent staff, who are just as committed.

Here is an overview of Eau Vive:

Eau Vive: a non-profit association governed by a French law of July 1901 on associations



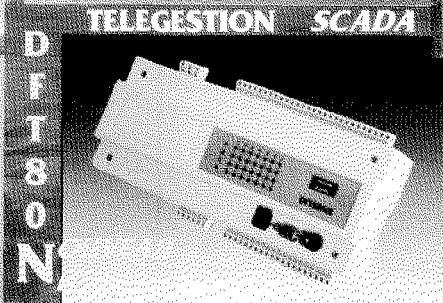
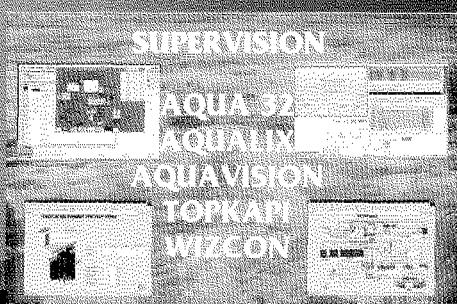
Le camion foreur vient d'atteindre l'eau. les enfants du village sont contents (Sénégal).

The drilling truck has just found water, to the delight of the village children (Senegal).

Jean-Luc Guinard



**DATAM  
FLUTEC**



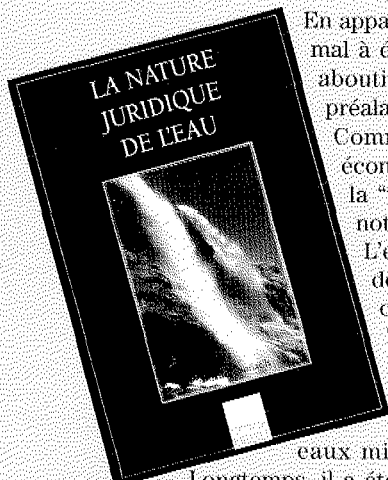
**3 RUE GALVANI  
91745 MASSY CEDEX  
FRANCE**

*Groupe APILOG Automation*

**TEL : [33] (0)1 69 19 76 80  
FAX : [33] (0)1 69 19 76 19  
<http://www.datamflutec.com>**

## La nature juridique de l'eau

**Arnaud GAONAC'H**



En apparence, rien n'est plus banal, plus répandu que l'eau. Pourtant, le juriste a eu le plus grand mal à élaborer un droit pour régir cette ressource. Nous sommes loin d'une situation parfaite aboutissant à l'instauration d'un régime juridique unique. Pour arriver à ce résultat, il faut préalablement résoudre la question de la nature juridique de l'eau.

Comme l'eau de mer, l'eau douce est une chose commune. Mais en raison de sa valeur économique, sociale et environnementale, il est nécessaire de retenir une notion plus précise, la "valeur commune". Cette nouvelle catégorie juridique est en contradiction avec toute notion d'appropriation.

L'eau doit profiter à la communauté la plus large qui soit : l'humanité. Le statut international de l'eau impose que la qualification de valeur commune soit rattachée à celle de patrimoine commun de l'humanité.

Toutes les eaux ne sont pas communes. Il existe encore une catégorie d'eaux privées (eaux closes, eaux pluviales, eaux domestiques...). Toutefois, dans les régimes actuels de l'eau, un certain nombre de dispositions témoignent du caractère commun de l'eau.

Le législateur a une conception restrictive des droits privatifs sur les eaux de source, eaux minérales, eaux souterraines. Le droit de riveraineté est aussi en pleine mutation.

Longtemps, il a été réservé aux seuls riverains. Cette attribution exclusive était en contradiction avec le caractère commun de l'eau.

L'objet de cet ouvrage est d'indiquer les raisons pour lesquelles le droit de l'eau connaît de telles difficultés d'interprétation et d'apporter quelques solutions. Il est destiné à tous les acteurs et utilisateurs de l'eau qu'ils appartiennent au secteur public ou au secteur privé : administrations, collectivités locales, entreprises, avocats spécialisés, universitaires, associations pour l'environnement. Il intéressera également les usagers désireux d'en savoir plus et de connaître leurs droits sur cette ressource.

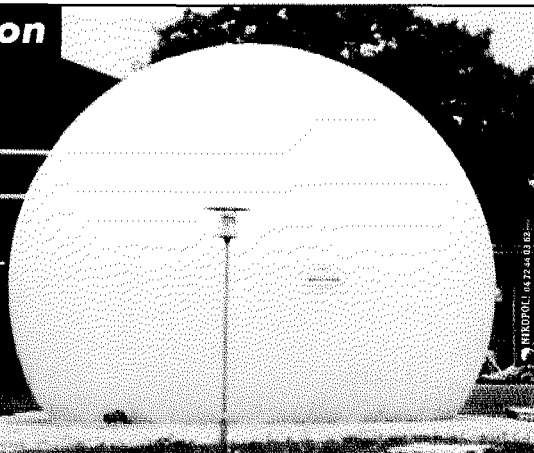
**Éditions JOHANET - 30, Rue René Boulanger 75010 Paris - Tél. 01.44.84.78.78 - Fax 01.42.40.26.46  
Internet : [www.editions-johanet.com](http://www.editions-johanet.com) - E-mail : [info@editions-johanet.com](mailto:info@editions-johanet.com)**



**Is there a better solution  
for biogas storage ?**

Z. I. - Rue des Chartinières  
DAGNEUX  
01120 MONTLUEL (France)  
Tel. +33 4 78 06 32 22  
Fax + 33 4 72 25 98 25  
[www.tm-brochier.com](http://www.tm-brochier.com)

**DOUBLE  
MEMBRANE  
GASHOLDER**





mais aussi des permanents salariés, tout aussi convaincus.  
Voici donc la fiche d'identité d'Eau Vive :

Eau Vive : Association à but non lucratif régie par la loi française de juillet 1901 sur les associations  
Siège social et adresse postale : 12 rue Rochambeau - 75009 Paris - France

Tél. : (33) 1 48 78 30 33 -  
Fax : (33) 1 48 74 14 10 -  
E mail : [evlauren@club-internet.fr](mailto:evlauren@club-internet.fr)  
Création : 21 Mars 1978; Président actuel : Dominique Blondel

### Personnel salarié en France et rattaché au siège :

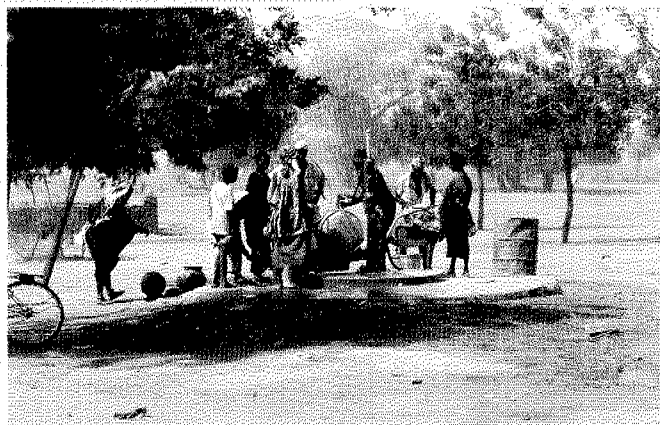
Délégué général :  
Laurent Chabert d'Hières  
Responsable-gestion : Virginie Simonin  
Responsable d'Appui aux Projets : Christian Houdus  
Responsable Sensibilisation : Jean Fréoux  
Secrétaire-comptable : Carole Ballesta

### Représentations régionales :

Au Burkina Faso : 01 BP 2512 Ouagadougou - Tél. : (226) 30 75 52 - Fax : (226) 31 19 44 - E mail : [cauvivebf@cenatrin.bf](mailto:cauvivebf@cenatrin.bf)  
Au Mali : BP 2691 Bamako - Tél. : (223) 20 02 11 - Fax : (223) 20 50 78 - E mail : [cauvive@cefib.com](mailto:cauvive@cefib.com)  
Au Sénégal : BP 269 Thies-RP - Tél. : (221) 951 35 24 - Fax : (221) 951 35 25 - E mail : [cauvive@telecomplus.sn](mailto:cauvive@telecomplus.sn)

### Personnel salarié en Afrique :

Chargé de mission en Afrique : Arno Lescure  
Représentant Burkina Faso : Kokou Sémanou  
Représentant Mali : Etienne Toé  
Représentant Sénégal : Jean-Bosco Bazié  
Auxquels il faut ajouter 5 Conseillers animation, 4 conseillers techniques et 3 secrétaires-comptables.



Françoise Sclater

**Située au bord du village de Gorom-Gorom, cette pompe à eau sert autant aux particuliers qu'au livreur d'eau à domicile (Burkina Faso).**

### Affiliation :

Eau Vive est membre de la Plateforme des ONG françaises auprès de l'Union Européenne, du Programme Solidarité-Eau et du F3E, membre associé du CRID et membre de la Coordination SUD.  
But de l'association : Eau Vive a pour objet de soutenir le développement des communautés villageoises d'Afrique, à commencer par l'approvisionnement en eau, sa maîtrise et son utilisation, et de renforcer par cette action, l'initiative, la solidarité et la coopération, dans le respect des droits fondamentaux de ces communautés.  
Budget, en 1998 : 11,4 MFF. Eau Vive soutient chaque année, par du conseil, des subventions et des appuis en matière de crédit, les actions d'environ 400 villages, dans 5 domaines : l'eau, la santé, l'instruction, la production, l'organisation villageoise.  
Elle apporte par ailleurs un appui aux petits opérateurs locaux (artisans, entreprises, ONG...)  
Ainsi, Eau Vive consacre actuellement la totalité de son budget à l'aide au développement dans 5 PVD africains : Sénégal, Mali, Niger, Burkina Faso et Togo.  
Signalons enfin que l'association a une publication périodique (3 numéros par an) : Eau Vive Actualités. ■

**This water pump on the outskirts of Gorom-Gorom village serves individuals as well as the water deliverer (Bunkina Faso).**

**Headquarters and postal address:**  
12 rue Rochambeau - 75009 Paris - France  
Tel.: (+33) 1 48 78 30 33 - Fax: (+33) 1 48 74 14 10 - e-mail: [evlauren@club-internet.fr](mailto:evlauren@club-internet.fr)  
Established 21 March 1978; current President: Dominique Blondel

### Headquarters staff in France:

Delegate General:  
Laurent Chabert d'Hières  
Management: Virginie Simonin  
Project support:  
Christian Houdus  
Promotion: Jean Fréoux  
Secretary-accountant:  
Carole Ballesta

### Regional Representatives:

In Burkina Faso: 01 BP 2512 Ouagadougou - Tel.: (+226) 30 75 52 - Fax: (+226) 31 19 44 - e-mail: [cauvivebf@cenatrin.bf](mailto:cauvivebf@cenatrin.bf)  
In Mali: BP 2691 Bamako - Tel.: (+223) 20 02 11 - Fax: (+223) 20 50 78 - e-mail: [cauvive@cefib.com](mailto:cauvive@cefib.com)  
In Senegal: BP 269 Thies-RP - Tel.: (+221) 951 35 24 - Fax: (+221) 951 35 25 - e-mail: [cauvive@telecomplus.sn](mailto:cauvive@telecomplus.sn)

### Salaried staff in Africa:

Chargé de mission in Africa:

Arno Lescure  
Representative for Burkina Faso:  
Kokou Sémanou  
Representative for Mali:  
Etienne Toé  
Representative for Senegal:  
Jean-Bosco Bazié  
Plus 5 educational advisors, 4 technical advisers and 3 secretary-accountants.

### Affiliation:

Eau Vive is a member of the French NGO organisation at the European Union, a member of the F3E Solidarité-Eau Programme, an associate member of CRID and a member of Coordination SUD.

**Aim of the association:** The aim of Eau Vive is to support the development of African village communities, beginning with the supply, management and utilisation of water, and through this action to strengthen initiative, solidarity and co-operation, while respecting the fundamental rights of these communities.

Budget, in 1998: 11.4 million FF. Each year, through its advice, grants and credit assistance, Eau Vive supports the work of around 400 villages, in 5 different fields: water, health, education, production and village organisation. It also provides assistance for small local operators (craftsman, firms, NGOs, etc.).

In this way, Eau Vive currently devotes half its budget to development aid in 5 developing countries in Africa: Senegal, Mali, Niger, Burkina Faso and Togo. Lastly, it should be noted that the Association publishes a review (3 issues a year): "Eau Vive Actualités". ■

## Comment joindre L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES sur Internet ?

Par l'adresse directe de votre correspondant :

Celle-ci commence par l'initiale du prénom suivi du nom (par exemple : [mhardy@editions-johanet.com](mailto:mhardy@editions-johanet.com) pour Michèle Hardy). Si le prénom est composé, prendre les deux initiales ([jlmathieu@editions-johanet.com](mailto:jlmathieu@editions-johanet.com) pour Jean-Louis Mathieu).

En laissant un message sur notre site :

[www.editions-johanet.com](http://www.editions-johanet.com)

En optant pour le service concerné :

- rédaction,
- publicité,
- autres.
- abonnement,
- fabrication,





**60,000  
trade visitors  
2,000 companies  
on 80,000 sq.m.  
exhibition surface**

**17-20  
October 2000  
LYON EUREXPO  
France**

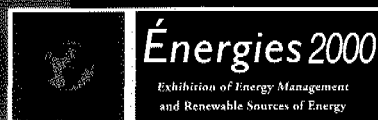
# Pollutec 2000

**16<sup>TH</sup> INTERNATIONAL EXHIBITION  
OF ENVIRONMENTAL EQUIPMENT,  
TECHNOLOGY AND SERVICES  
FOR INDUSTRY AND LOCAL AUTHORITIES**

## Industry and Local Authorities

**Miller Freeman**  
A United News & Media company

In association with:



I consider exhibiting and wish to receive an exhibitor file.  I wish to visit the exhibition and to receive an invitation.

Name: .....  EIN First name: .....

Company: ..... Activity: .....

Address: .....

Post code: ..... Town: ..... Country: .....

Tel.: ..... Fax: .....

Please, write with capital letters

Please  
return to:

**For exhibitor information:**  
Miller Freeman - Clive Malcolm  
Tel.: + 44 (0) 181 987 75 94  
Fax: + 44 (0) 181 742 81 16  
e-mail: cmalcolm@unmf.co.uk

**For visitor information:**  
Promosalons UK  
Tel.: + 44 (0) 171 221 36 60  
Fax: + 44 (0) 171 792 35 25  
e-mail: enquiries@promosalons.co.uk

**www.pollutec.com  
Informations**

## De l'ORSTOM à l'IRD, avec "Sciences au Sud"

## From ORSTOM to IRD, with "Sciences au Sud"



Institut de recherche pour le développement

Orstom, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer... Près de quarante ans après la décolonisation, pour certains, en France comme en Afrique, ce nom avait encore une connotation post, voire néo-coloniale. De plus, les missions de l'Orstom ont évolué et concernent des régions qui dépassent largement l'ancienne aire coloniale. Il était donc largement temps de changer, même si le pli ancien est aussi dur à effacer que les "anciens francs".

Adieu l'Orstom. Vive l'IRD, l'Institut de recherche pour le développement. Pour bien marquer le changement sur le fond et sur l'image, il a été aussi décidé de changer de supports de communication en les refondant sous un seul titre : "Sciences au Sud", dont l'éditorial du numéro 1, sous la plume de Philippe Lazar, Président du conseil d'administration de l'IRD, présente les motivations :

"Voici donc le premier numéro du nouveau périodique de l'Institut de recherche pour le développement. Quelques mots s'imposent pour en expliquer les objectifs et la forme. Nous avons délibérément choisi de fusionner les deux anciens supports d'information de l'Orstom : sa Lettre mensuelle - principalement destinée à la communication "interne" de l'Institut - et Orstom-Actualités, revue trimestrielle à vocation essentiellement "externe". Il nous semble en effet contestable de distinguer, de notre propre chef, deux catégories tranchées de lecteurs : ceux qui s'intéresseraient avant tout à nos modalités d'intervention et ceux qui ne se sentiraient véritablement concernés que par les résultats scientifiques de nos travaux. À chacun de ceux qui veulent bien s'informer de ce que nous faisons le droit de déterminer librement ses priorités de lecture !

Si l'IRD veut jouer le rôle qu'on attend de lui : être un "ensemblier" des actions de recherche, de formation et d'expertise au service des pays en développe-

ment, Sciences au Sud se doit d'être lui-même ouvert à l'ensemble des institutions françaises de recherche et d'enseignement supérieur qui consacrent une partie de leur énergie à cette cause. Nous nous efforcerons de faire en sorte que cette disponibilité se traduise, concrètement, par une large participation de collègues relevant de ces institutions à son contenu. Est-il besoin de dire que nous aurons la même attention vis-à-vis de la contribution de collègues du Sud à nos colonnes ? Sciences au Sud se veut en outre une tribune d'échanges et de libres débats sur les modalités d'intervention d'une science qui, au service du développement, sache respecter la spécificité des cultures de nos divers partenaires. C'est un très grand honneur que nous fait son Excellence le Président Abdou Diouf d'engager cette confrontation par l'interview qu'il nous a accordée. Cette marque de confiance est, pour toute l'équipe de rédaction, un encouragement hautement apprécié, et elle sera certainement perçue comme telle par nos lecteurs. Sciences au Sud paraîtra, pour commencer, cinq fois par an, et ambitionne d'accroître progressivement son rythme de publication. Son format [A3], deux fois plus grand que le format habituel des périodiques professionnels, et sa présentation, volontairement aérée, méritent enfin un bref commentaire. Nous voudrions que ses destinataires ne rangent pas ce journal sur un coin de leur bureau "en attendant d'avoir tout le temps de le lire". Disons-le clairement : "nous souhaitons que



Orstom, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (French overseas scientific and technical research office) -

Nearly forty years after decolonisation, for some people in France as well as in Africa, this name still held post-or even neo-colonial connotations. Moreover, Orstom's missions have evolved and concern regions that are far more extensive than the former colonial areas. It was therefore high time to change, even if old habits die hard, as in the case of "old francs".

Farewell Orstom. Long live IRD, Institut de recherche pour le développement (research institute for development). To underline both the fundamental changes and the new image, it was also decided to change the promotional and information material by combining them in a single publication: "Sciences au Sud", whose editorial in the first issue written by Philippe Lazar, President of the IRD Administrative Council, presents the motives behind the change:

"Here is the first issue of the new IRD journal. First of all I should like to explain the aims and the format. We have deliberately chosen to merge the two information publications previously produced by Orstom: the monthly newsletter - mainly intended for internal communication within the Institute - and Orstom-Actualités, a quarterly review primarily aimed at the outside world. However, we found it questionable for us to assume the right to distinguish between two groups of readers: those who would above all be interested in our methods and those who would be concerned only by the scientific results of our work.

Let all those wishing to keep informed on what we do have the chance to determine their own priorities!

If IRD wishes to fulfil its expected role: to be a development "designer" of research, training and expertise on behalf of developing countries, Sciences au Sud must likewise be open to all French research and higher education institutions that devote a part of their energy to this cause. We will endeavour to ensure that this openness can be expressed in a concrete manner, through an extensive participation in its contents by colleagues working with these institutions. It goes without saying that we will pay the very greatest attention to the contribution to our columns made by our colleagues from the South. Sciences au Sud also aims to be a forum for discussion and open debate on scientific intervention procedures which, on behalf of development, manage to respect the specificity of the cultures of our diverse partners. His Excellency President Abdou Diouf does us a very great honour in launching this debate through the interview that he granted us. This mark of confidence is, for the entire editorial team, a very much appreciated encouragement, and it will certainly be seen as such by our readers. To begin with, Sciences au Sud will be issued five times a year, and it is hoped to gradually increase the frequency of publication. Lastly, its format [A3], twice the usual size for professional journals, and its presentation, in an intentionally light format, call for a short comment. We want to ensure that subscribers don't file the journal away on a corner of their desk "until they can find the time to read it". It can't be said too strongly: "we want the journal to be picked up, glanced through and read as soon as it arrives, everyone finding straight away, as in a daily paper, what he or she is looking for. Its format can play a part, but at the end of the day it is clearly the quality of its contents

ce journal soit pris en mains, parcouru et lu dès son arrivée, chacun y trouvant d'emblée, comme dans un quotidien, ce qu'il y cherche. Sa forme peut y contribuer - cet espoir la fonde - mais c'est évidemment la qualité de son contenu qui, en fin de compte, en décidera. À vous de nous aider à l'améliorer régulièrement par vos critiques et, plus encore, par vos suggestions et par vos contributions!"

Dans sa présentation à la presse, Philippe Lazar a insisté sur ce rôle "d'ensemblier du développement" de l'IRD, en évitant de se poser en coordinateur, pour rassembler les efforts nationaux au service du développement.

L'action de l'IRD en faveur du Sud a trois formes fondamentales et complémentaires :

- La recherche doit être de premier ordre, avec une exigence de qualité, même avec les pays les plus pauvres.
- La formation des cadres scientifiques et techniques des pays concernés doit déboucher sur des réseaux de coopération scientifique dans leur pays d'origine et non être un prétexte à instaurer un "brain drain" en faveur du pays d'assistance, particulièrement de la France.
- L'expertise et la valorisation des ressources et des résultats de recherche. Un guide des bonnes pratiques de la coopération sortira en 2000. Un point essentiel est l'expertise collégiale qui est l'outil d'une aide à la décision relevant de la connaissance scientifique. Cette expertise collégiale (principalement mais non exclusivement francophone), doit apporter une réponse rapide (moins de six mois) à la demande.

Philippe Lazar rappelle très clairement que la recherche pour le développement n'est pas une "danseuse" de la France et des ministères de la coopération et des relations extérieures, mais une carte essentielle pour l'avenir. C'est la carte d'une primauté économique, culturelle et

scientifique de la France auprès des pays du Sud.

Le numéro 1 de "Sciences au Sud" (il n'y a pas eu de n° 0) est daté septembre / octobre 1999, indiquant d'emblée la cadence bimestrielle. Le sommaire suivra un ordre des rubriques bien repéré dans la présentation :

- Les Principaux événements scientifiques dans les domaines de l'IRD.
- En France et dans le monde, les activités en partenariat.
- Derniers résultats et travaux en cours des chercheurs de l'IRD.
- Du laboratoire au brevet, les débouchés de la recherche.
- Actions de soutien aux communautés scientifiques du Sud.
- Vie quotidienne des centres et des implantations de l'IRD.
- Actualité interne de l'IRD.

Chaque rubrique du sommaire est repérée par un titre en cartouche dont la couleur est répétée en marge des pages correspondantes. Pour chaque sujet principal abordé, un contact est indiqué ou une adresse Internet pour compléter ou détailler l'information. Un forum via Internet est proposé aux lecteurs (<http://www.ird.fr> E-mail : [sciences.au.sud@paris.ird.fr](mailto:sciences.au.sud@paris.ird.fr)).

Un regret dans tout ça, c'est que si cette mutation de l'Orstom en IRD et de la communication associée ont été mûrement pensées, il ne paraît pas en avoir été de même pour le logo de l'IRD qui est loin de symboliser clairement le beau message de M. Philippe Lazar. Il ne symbolise peut-être rien du tout... ■



**Scène de vie chez les Koma, Bmilérou (Nord Cameroun).**

**Everyday scene in the Koma tribe, Bmilérou (Northern Cameroun).**

*that will be decisive. It is up to you to help us to make regular improvements by your criticism and especially your suggestions and contributions!"*

*In presenting it to the press, Philippe Lazar stressed the IRD's role as a development "designer", while trying to avoid being seen as a coordinator, so as to bring together the national efforts on behalf of development.*

*The work of the IRD for the South takes three fundamental and complementary forms:*

- *Research must be of the highest standard, with an insistence on quality, even when dealing with the poorest countries.*
- *Training of scientific and technical staff from the countries concerned must give rise to scientific co-operation networks in their own countries and not be a pretext for establishing a brain drain towards the countries providing assistance, and France in particular.*
- *Evaluation and application of resources and the results of research. A guide to good practice in the field of co-operation will be issued in 2000. An essential point is collective expertise which is a*

*decision making tool in the field of scientific knowledge. This collective expertise (principally but not exclusively Francophone), must provide a rapid response to requests (less than six months).*

*Philippe Lazar made it quite clear that research for development is not merely an expensive hobby for the French government and the Ministries for Co-operation and Foreign Affairs, but an essential key to the future. It is the key to economic, cultural and scientific leadership by France on behalf of countries of the South.*

*Issue No. 1 of "Sciences au Sud" (there is no issue No 0) is dated September/October 1999, indicating that it is to be published every two months. The list of contents includes the following sections:*

- *Major scientific events in the fields covered by IRD*
- *In France and world-wide: activities in partnership*
- *Latest results and work in progress by IRD researchers*
- *From the laboratory to the patent: practical applications of research*
- *Actions in support of scientific communities of the South*
- *News from IRD centres and sites around the world*
- *Internal events at IRD*

*Each section in the list of contents is indicated by a heading whose colour is repeated in the margin of the corresponding pages. For each main subject covered, the name of a contact or an Internet address is given to obtain additional or more detailed information. Readers have access to an Internet forum (<http://www.ird.fr> e-mail: [sciences.au.sud@paris.ird.fr](mailto:sciences.au.sud@paris.ird.fr)).*

*A single regret in all this is that, even though the transformation of Orstom to IRD and the associated promotional material has been carefully thought out, this does not seem to have been the case for the IRD logo, which is a long way from clearly symbolising the fine message of Philippe Lazar. In fact it does not appear to symbolise anything at all... ■*

# **Afrique, les clés du succès : technicité, ingénierie sociale et partenariats**

## ***Africa, the keys to success: technical expertise, social engineering and partnerships***

Jean-Luc Martin-Lagardette

Qui veut investir sur le continent africain dans le domaine de l'eau et de l'assainissement doit pouvoir apporter une expertise certaine (technicité), savoir prendre en compte la demande et les réalités locales (ingénierie sociale) et vouloir nouer des alliances à différents niveaux, y compris avec ses concurrents de toujours (partenariats). Les problématiques africaines, très différentes selon les pays, avec un Nord (le Maghreb), un extrême sud (Afrique du Sud) et certaines grandes villes de l'Ouest plus développées, appellent des réponses techniques et organisationnelles différentes. Du robinet à domicile au porteur d'eau ambulant, et du tout-à-l'égout aux latrines, voici un tour de l'eau et de l'assainissement en Afrique au travers d'actions réalisées avec des opérateurs français : grands groupes privés, bureaux d'études, fournisseurs, bailleurs de fonds, administrations publiques et ONG.

*Anyone wishing to invest on the African continent in the field of water and sanitation must be able to provide a high level of expertise, know how to take into account local demand and conditions (social engineering) and be capable of forging links at various levels, including with traditional competitors (partnerships). African problems, which differ greatly from one country to another, with the north (the Maghreb), the far south (South Africa) and certain cities in the west all being more highly developed, require different technical and organisational solutions. From the domestic tap to the itinerant water seller and from mains drainage to latrines we present a review of water and sanitation in Africa, through schemes involving French operators: large private groups, engineering design offices, suppliers, donors, public authorities and NGOs.*



**C**ertains s'en tirent toujours mieux que d'autres... En Afrique, comme partout ailleurs, les disparités politiques, sociologiques et économiques entre les 43 différents pays sont très fortes. Et, sur ce continent plus qu'ailleurs, les solutions à mettre en œuvre doivent s'adapter étroitement au contexte local et régional. Les réponses que les pays occidentaux ont apportées chez eux à leurs propres problèmes ne peuvent être plaquées partout sans réflexion ni sans aménagements<sup>1</sup>.

En Afrique du Sud, par exemple, pays qui rayonne sur toute la région australe et qui accueille en février le Xe congrès de l'Union africaine des distributeurs d'eau (UADE), les trois majors français de la distribution et du traitement de l'eau sont présents. Et, bien que ce pays soit un des plus avancés du continent noir, ils ont dû imaginer des solutions novatrices pour faire face aux besoins exprimés par le gouvernement et les populations.

Ainsi Water and Sanitation Services South Africa (WSSA), filiale de Suez-Lyonnaise des Eaux, a signé un contrat avec le ministère de l'Eau et de la Forêt (DWAF) d'Afrique du Sud pour rattraper rapidement et de façon durable le retard des contrées rurales et semi-urbaines en matière d'eau et d'assainissement. Il s'agit d'approvisionner en eau les 8 millions d'habitants des homelands de l'Eastern Cape et les 5 millions de Northern Province. La centaine de projets prévus vise à fournir un standard de 25 litres d'eau par jour et par personne à moins de 200 mètres des habitations.

Le DWAF a conçu une démarche originale pour parvenir à ses fins : le BOTT (build, operate, train and transfert – construire, exploiter, former et transférer). Il ne s'agit pas d'une privatisation puisque le financement reste public. Les pouvoirs publics, d'ailleurs, s'engagent auprès de l'opérateur privé : sa rémunération est assurée bien qu'il intervienne pour des populations qui peuvent difficilement payer. Après leur mise en service, en cinq ans, par le consortium privé, les installations deviendront la propriété des autorités locales. Entre-temps, les populations et les pouvoirs locaux auront été préparés et formés à leur gestion et leur entretien futurs, ainsi qu'au recouvrement des factures. Grâce à ce transfert du savoir-faire privé, la durabilité des infrastructures est garantie.

Un important travail de préparation a été préalablement effectué par des ONG spécialisées pour éduquer les communautés à la santé et à l'hygiène

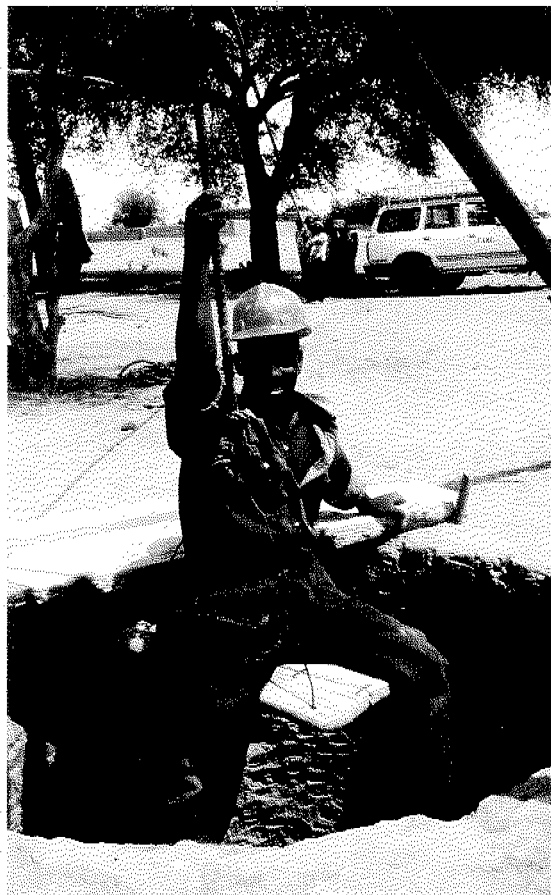
<sup>1</sup> Selon l'UADE, plus de la moitié de la population africaine n'a pas accès à l'eau potable et les 2/3 (en moyenne) ne disposent pas d'installations d'assainissement.

**S**ome always come off better than others... In Africa, as elsewhere, there are great political, sociological and economic disparities between the 43 different countries, and perhaps more critically than anywhere else, in Africa the solutions must be closely adapted to the local and regional context. The solutions that western countries have applied successfully to their own problems at home cannot be applied haphazardly without due consideration and adaptation<sup>1</sup>.

In South Africa, for example, a country whose influence extends over the whole of the southern region and which in February is due to host the 10th Congress of the Union of African Water Suppliers (UAWS), the three major French players in the water distribution and treatment sector are present. Yet, even though this country is among the most advanced in Sub-Saharan Africa they have had to come up with novel solutions to cope with the needs expressed by the government and the population.

Thus, Water and Sanitation Services South Africa (WSSA), a subsidiary of Suez-Lyonnaise des Eaux, has signed a contract with South Africa's Department of Water and Forests (DWAF) to provide a rapid and lasting solution to the problem of rural and semi-urban areas lagging behind in terms of water and sanitation. It involves supplying water to the population of 8 million living in the homelands of Eastern Cape and the 5 million in Northern Province. Around one hundred projects are lined up, aimed at providing a standard of 25 litres of water per person per day at a distance of less than 200 metres from their homes.

DWAF has devised an original procedure for achieving its aims: BOTT (build, operate, train and transfer). This does not involve privatisation since it is publicly financed. Moreover the public authorities give the private operator an undertaking that it will be paid even though the service is on behalf of populations that will probably have difficulty in paying. After the installations have been brought into service, over a five-year period, ownership will pass to the local authorities. In the meantime, the population and the local authorities will have been prepared and trained in the future management and upkeep of the installations and in the collection of charges. The transfer of private sector know-how will guarantee the future of the infrastructure. A considerable amount of ground-



W.S. Coover/interfem

**En Afrique plus qu'ailleurs les solutions à mettre en œuvre doivent s'adapter au contexte local et régional.**

**In Africa, more than elsewhere, solutions must be adapted to the local and regional context.**

<sup>1</sup> According to UAWS, over half the population of Africa have no access to potable water and 2/3 (on average) do not have any sewerage installations.

## Vivendi : présences et projets

Le groupe Vivendi exploite depuis 1997 le réseau d'eau et d'électricité du Gabon. C'est son principal projet dont le chiffre d'affaires est évalué à 660 MF. Il est présent également aux Comores (eau et électricité). Il est partenaire de la Saur, en Guinée Conakry, et de Suez-Lyonnaise sur l'île Maurice (d'abord en assistance technique puis en affermage). Une négociation bien avancée est en cours pour la reprise en mains de l'eau et de l'électricité du Tchad (avec la Banque mondiale). La société est bien placée dans un appel d'offres BOT du Dix de Ramadan en Égypte (110 M\$ d'investissement dans une première phase) et pour Nairobi au Kenya (gestion de la clientèle). Elle s'intéresse également de près à Constantine et Alger (Algérie) et Tanger et Tétouan (Maroc).

The Vivendi group has been operating the water and electricity networks in Gabon since 1997. This is the group's main project, with an estimated turnover of 660 million FF. It is also present in Comoros (water and electricity). It is partnering Saur, in Guinea Conakry, and Suez-Lyonnaise in Mauritius (firstly providing technical assistance then as concession holders). Negotiations are well under way to take over responsibility for providing water and electricity in Chad (with the World Bank). The firm is well placed to win a BOT contract at Dix de Ramadan in Egypt (110 million \$ investment during the initial phase) and for Nairobi in Kenya (customer management). It is also taking a keen interest in Constantine and Algiers (Algeria) and Tangiers and Tétouan (Morocco).

et pour les sensibiliser à l'intérêt qu'elles ont de régler les factures du service qu'on leur fournit.

### Desservir les populations défavorisées

Autre approche originale, celle entreprise par la Compagnie générale des eaux. "A Durban, explique Robert Pierce, directeur de la zone Afrique, Moyen-Orient, Océan Indien de Vivendi Water Municipal, nous recueillons des eaux usées, nous les retraitons et nous revenons au secteur industriel une eau appropriée à leurs utilisations. La revente permet de financer l'installation et son exploitation. Au passage, elle permet à la ville de réaliser une économie, en lui évitant l'achat d'une certaine quantité d'eau potable, puisqu'elle achète une eau déjà traitée. Ainsi, nous intervenons à la fois sur la pollution et sur la ressource. Je suis convaincu que cette démarche sera de plus en plus utilisée au fur et à mesure que le prix de l'eau va augmenter".

Mais c'est surtout la nécessité sociale et politique de desservir les populations les plus défavorisées qui oblige les pouvoirs publics et les acteurs privés à réfléchir plus profondément ensemble et à faire preuve d'imagination. OTV (filiale Vivendi) est ainsi engagé dans un projet pilote du groupe eau et assainissement du PPD (Partenaires Professionnels pour le Développement), qui est un réseau informel d'entreprises (dont font également partie également Suez-Lyonnaise des eaux et Hydro Conseil), d'organisations de la société civile et d'administrations.

Ce genre de partenariat entre les sociétés privées, la société civile et les États est appelé à faire florès. Il permet de construire des programmes équilibrés où les populations urbaines et périurbaines peuvent trouver leur compte. En effet, et cela est particulièrement vrai pour l'eau potable, les problèmes sont désormais moins tech-



**La nécessité sociale et politique de desservir les populations les plus défavorisées oblige les pouvoirs publics et les acteurs privés à réfléchir ensemble.**

work has already been done by the relevant NGOs to educate the communities in health and hygiene and to make them aware that it is in their own interest to pay the bills for the service they receive.

### Servicing disadvantaged populations

Another original approach is that adopted by Compagnie Générale des Eaux. "In Durban", explains Robert Pierce, Manager of the Africa, Middle East, Indian Ocean Zone at Vivendi Water Municipal, "we collect wastewater, treat it and sell the industrial sector water that is suited to its requirements. The sale of water allows us to finance the installation and running costs. At the same time it allows the city to make savings by reducing the amount of drinking water it needs to buy, since it buys water that has already been treated. We therefore act both on pollution and on the resource. I am convinced that as the price of water increases this approach will become more and more widely used".

However, it is more particularly the social and political need to service the most disadvantaged populations that forces the public authorities and private sector players to reflect more deeply together and to adopt an imaginative approach. For example, OTV (a subsidiary of Vivendi) is involved in a pilot project of the water and sanitation group of PPD (Partenaires Professionnels pour le Développement), an informal network of firms (which also

includes Suez-Lyonnaise des Eaux and Hydro Conseil), non-commercial organisations and public bodies.

This type of partnership between private firms, non-commercial organisations and individual States looks set to grow. It makes it possible to develop balanced programmes providing benefits for both the urban and the peri-urban population. In fact – and this is especially true for drinking water – the problems now tend to be institu-

**The social and political need to service the most deprived means that public authorities and private players must reflect together.**

niques qu'institutionnels et organisationnels.

Le projet sud-africain du PPD, qui concerne Durban et Pietermaritzburg, cherche à définir quels services faut-il fournir à quelles populations, comment impliquer ces populations dans

le choix du type de services, comment impliquer les communautés dans la réalisation des travaux, comment faire de l'eau usée de façon décentralisée pour éviter les grandes canalisations, comment associer les petites entreprises du secteur, etc.

"C'est une approche technique et sociale très instructive pour nous, note Robert Pierce. En la croisant avec nos expériences du Gabon et bientôt du Tchad, nous aurons un champ de réflexions très fertile. Car nous comptons bien continuer à investir sur ce continent, du Maghreb à l'Afrique du Sud".

### Un concept prometteur : le contrat multiservices

Autre concept prometteur sur le continent africain, et plus généralement dans les pays émergents, le contrat multiservices, qui confie à une même société privée à la fois la production de l'eau potable, le traitement des eaux usées et la fourniture de l'électricité. "Cela permet de rationaliser des services qui ont beaucoup de choses en



*Pour répondre aux besoins d'une population croissante, l'Afrique du Sud s'est dotée depuis plusieurs années d'un schéma de transfert d'eau inter-bassins unique au monde par son amplitude et sa complexité. Six grands projets d'aménagement sont en cours, notamment dans le Gauteng, province qui connaît une forte urbanisation.*

*In response to the needs of a growing population, South Africa has for a number of years had a scheme for transferring water between basins that is unique in terms of its size and complexity. Six major development projects are currently under way in particular in Gauteng, a province experiencing heavy urbanisation.*

lional and organisational rather than technical.

*PPD's South African project, concerning Durban and Pietermaritzburg, seeks to define which services should be supplied to which populations, how to involve the communities in carrying out the work, how to decentralise wastewater so as to avoid large-scale sewerage systems, how to bring in small firms working in the sector, etc.*

"It is a technical and social approach which is highly instructive for us", says Robert Pierce. "When this is added to our experience in Gabon and soon in Chad we will have a wealth of material for future consideration. We have every intention of continuing to invest in this continent, from the Maghreb to South Africa".

### A promising concept: the multiservice contract

Another promising concept on the African continent, and more generally in emerging countries, is the multiservice contract, which entrusts a single firm with the production of drinking water, treatment of wastewater and supply of electricity. "This means that services that have many points in common can be rationalised", points out Jacques Labre, manager in charge of water resources at Suez-Lyonnaise: the same clients, identical meter rea-

## L'eau et l'Afrique du Sud

Le gouvernement est en train de mettre en place une nouvelle politique environnementale. Le "National Environmental Management Act" définit les principes encadrant les actions du gouvernement pour assurer un développement économique et respectueux de l'environnement...

Par ailleurs, l'augmentation de la demande en eau potable et la détérioration de la qualité de l'eau ont incité le ministère de l'Environnement, par le biais d'une nouvelle loi sur l'eau (1998), à améliorer la gestion des ressources en développant les notions de gestion de la demande et de protection de l'environnement.

Les eaux usées provenant des townships (bidonvilles) dépourvus de tout assainissement font partie des principales sources de pollution et engendrent de sérieux problèmes de santé. Les réseaux d'assainissement existants sont mal entretenus du fait des difficultés financières des municipalités. En 1997, 11 millions de personnes n'avaient pas l'eau potable et plus de 21 millions pas de systèmes sanitaires. Et il faut surmonter le handicap de l'ancien mot d'ordre de l'ANC qui, au temps de l'apartheid, recommandait de ne pas payer les services publics...

Enfin, pour répondre aux besoins d'une population croissante, l'Afrique du Sud s'est dotée depuis plusieurs années d'un schéma de transfert d'eau inter-bassins unique au monde par son amplitude et sa complexité. Six grands projets d'aménagement sont en cours, notamment dans le Gauteng, province qui connaît une forte urbanisation.

The government is currently putting in place a new environmental policy. The National Environmental Management Act defines the principles framing the government's actions to ensure economic and sound development of the environment...

Moreover, the increased demand for drinking water and the deterioration in water quality have prompted the Ministry of the Environment, by means of a new law on water (1998), to improve the management of resources by developing the notions of demand management and environmental protection.

Wastewater from the townships, which lack any form of sewerage, is one of the main sources of pollution and creates serious health problems.

Existing sewer systems are poorly maintained due to the financial difficulties of the municipal authorities. In 1997, 11 million people were without drinking water and more than 21 million had no sanitation system.

There is also a need to overcome the handicap of the old ANC slogan during the time of apartheid recommending not paying for public services...

Lastly, in response to the needs of a growing population, South Africa has for a number of years had a scheme for transferring water between basins that is unique in terms of its size and complexity.

Six major development projects are currently under way, in particular in Gauteng, a province experiencing heavy urbanisation.

## Les aides des collectivités locales

Le champ des populations périurbaines et rurales est également investi par les collectivités locales, leurs fédérations et leurs réseaux ou leurs syndicats intercommunaux, ainsi que par certaines Agences de l'eau, comme celle de Seine-Normandie, dans le cadre de la coopération décentralisée. Le Syndicat des eaux d'Ile-de-France a ainsi consacré environ 40 MF depuis 1986 à la mise en œuvre de 100 projets dans les pays francophones d'Afrique et d'Asie. Le budget qu'il consacre chaque année à l'action solidarité-eau est calculé ainsi : il équivaut à 1 centime par mètre cube d'eau prélevé sur son territoire, ce qui correspond en moyenne à 1 F par an et par foyer. Les techniques promues vont des plus traditionnelles (réhabilitation de vieux puits) aux plus modernes (le Sedif a ainsi aidé un laboratoire à étudier les possibilités d'utilisation de la graine de moringa dans le traitement de l'eau, pour son pouvoir flocculant).

Local communities, their federations and inter-community networks and unions, as well as a certain number of water agencies, such as that of Seine-Normandie, are likewise involved in the peri-urban and rural population sector within the framework of decentralised co-operation. For example, Sedif (Syndicat des eaux d'Ile-de-France) has devoted around 40 MFF since 1986 to the development of 100 projects in French-speaking countries of Africa and Asia. The budget that it sets aside each year for its "solidarity-water" activities is calculated as follows: it is equivalent to 1 centime per cubic metre of water collected within its area, corresponding on average to 1 F per year per household. The techniques supported range from the most traditional (renovation of old wells) to the most modern (Sedif has for example helped a laboratory to study the possibility of using horseradish tree seeds in water treatment, for their flocculating capacity).

*commun*, indique Jacques Labre, directeur délégué aux ressources en eau à Suez-Lyonnaise : *même clients, relève des compteurs identique, etc. Ce nouveau concept a été développé en Afrique, pour la première fois dans le monde, et c'est significatif pour nous*".

C'est en effet à Casablanca, au Maroc, que Lyonnaise des Eaux, associée à un consortium de partenaires (Elyo, EDF, Endesar, Aguas de Barcelona), a pris en charge pour 30 ans la gestion de l'eau, de l'assainissement et de l'électricité. Sous le nom de Lydec, elle doit investir plusieurs milliards de francs pour réduire les pertes sur les réseaux, mettre en place une politique de gestion de la clientèle, assurer la desserte en eau et assainissement sur toute la ville (y compris dans les quartiers défavorisés alimentés par des bornes-fontaines), favoriser des branchements sociaux (à tarifs réduits), mettre en œuvre un plan de lutte contre les inondations, etc.

Mais en Afrique, l'entreprise française pionnière est la Saur qui a signé, il y a tout juste trente ans, le premier contrat pour la privatisation de l'exploitation des réseaux d'eau d'Abidjan, en Côte d'Ivoire. L'électricité y est devenue, pour Saur International, un atout majeur. La part du chiffre d'affaires généré par l'eau (860 MF en 1998; 1,1 MDF en 99) est largement dépassé par celui engendré par la production et la distribution de l'énergie (1,7 MDF en 98) : *"Quand on a bien réussi dans l'eau, on fait appel à nous pour d'autres services"*,

*ding, etc. It seems perfectly logical for us to have developed this new concept in Africa, ahead of anywhere else*".

*It is in fact at Casablanca, in Morocco, that SLE, in association with a consortium of partners (Elyo, EDF, Endesar, Aguas de Barcelona), has been awarded the management of water, sanitation and electricity for a period of 30 years. Operating under the name of Lydec, it will have to invest several billion French francs to reduce losses from the networks, set up a customer management policy, ensure water supply and sanitation for the whole of the city (including the disadvantaged districts supplied by standpipes), promote grouped connections (at a reduced charge), implement a flood prevention scheme, etc.*

*However, in Africa, the pioneering French firm is Saur, which, just thirty years ago, signed the first contract to privatise the operation of water supply networks in Abidjan, Côte d'Ivoire. For Saur International, electricity has become a major asset. The share of turnover generated by water (860 million FF in 1998; 1.1 billion FF in 1999) is greatly exceeded by that which is generated by the production and distribution of energy (1.7 billion FF in 1998): "Once we have proved ourselves effective with water, we are called on to provide other services", says Thierry Lentz, in charge of public relations.*

*The firm, whose policy is "to combine the management requirements of a modern business with African cultural values", has sought to adapt itself to the sensitivities of its local partners: "When we take on responsibility for a service we make a point of sending out technicians who train the Africans in all aspects of maintenance and then return rapidly to France. At Sodeci (Côte d'Ivoire), for example, there are only four Europeans among the 1,300 employees. And in the case of the managerial staff, only the managing director is French; the chairman, deputy managing director and the other managers are all nationals. The situation is practically the same at Sénégalaise des Eaux, where the capital is in fact held partly by the State, local firms and the personnel".*



**Les techniques aidées vont des plus traditionnelles aux plus modernes.**

**Techniques receiving assistance rang for the most traditional to the most modern.**

*The managerial principles put into prac-*



déclare Thierry Lentz, chargé de la communication.

La société, dont la politique est d'«*allier les exigences du management d'une entreprise moderne aux valeurs culturelles africaines*», a cherché à s'adapter à la sensibilité de ses partenaires locaux : «*Nous avons pour principe, quand nous nous prenons un service, d'expatrier des techniciens qui forment les Africains aux disciplines de la maintenance et qui reviennent très vite en France. Ainsi, à la Sodeci (Côte d'Ivoire), il n'y a que quatre Européens sur les 1300 employés. Aux postes de direction, seul le directeur général est français; le président, le directeur général adjoint et les autres directeurs sont des nationaux. Il en va pratiquement de même à la Sénégalaise des eaux dont le capital est d'ailleurs détenu en partie par l'État, des sociétés locales et le personnel*».

Les principes managériaux mis en place à la Sodeci ont ainsi permis, «*non seulement d'obtenir de bons résultats de gestion, note Michel Maruenda, directeur relations institutionnelles et méthodes, mais aussi de dépasser le dialogue traditionnel Nord-Sud, d'établir un dialogue Sud-Sud (intervention de la Sodeci dans d'autres pays africains) et un dialogue Sud-Nord (développement de produits informatiques par la Sodeci pour une utilisation par le groupe Saur en France)*».

Saur International intervient également à Rabat (Maroc), en Guinée, Centrafrique (Sodeca), Mozambique (EDM) et Afrique du Sud (Siza).

### **Ingénierie-conseil : montée de la concurrence locale**

Les autorités africaines, sous la pression du Fonds monétaire international et de son programme d'ajustement structurel, ont été invitées à se consacrer sur des missions essentielles et à déléguer progressivement la gestion de leurs services d'eau. Sans aller jusqu'à la privatisation, puisqu'elles conservent généralement la propriété de leur patrimoine, elles délèguent de plus en plus l'exploitation de ces services au secteur privé, encore peu présent. Mais cette récente

*tice at Sodeci have thus "allowed us not only to obtain good management results", notes Michel Maruenda, manager in charge of institutional relations and methods, "but also to go beyond the traditional North-South dialogue and to establish a South-South dialogue, with the involvement of Sodeci in other African countries, and a South-North dialogue, with for example the development of computer systems by Sodeci for use by the Saur group in France".*

*Saur International is also present at Rabat (Morocco), in Guinea, Central African Republic (Sodeca), Mozambique (EDM) and South Africa (Siza).*

### **Engineering-consultancy: the rise of local competition**

*The African authorities, under pressure from the International Monetary Fund and its structural adjustment programme, have been invited to concentrate on essential tasks and to progressively delegate the management of their water services. Without going as far as privatisation, since they generally retain ownership of their national assets, they are increasingly delegating the operation of these services to the private sector, which as yet does not maintain a strong presence. However, this recent opening up of access is whetting fresh appetites.*

*Some firms see this as an opportunity to develop and to announce new ambitions. Société des Eaux de Marseille, for example, which acts as a consultant for various cities around the Mediterranean basin, has decided to move from its role, at the international level, of providing assistance to that of operator.*

*"There are two reasons for this", comments Alain Meyssonier, the group's international trade manager. "Firstly, the role of consultant is limited in scope. International donor bodies have realised this and are now starting to convert technical assistance missions into management contracts (see Gaza contract). In a project such as the one in Algiers, which we are very keen to win, the private operator*

### **L'assainissement : une priorité pour la BAD**

"Nous révisons actuellement notre politique dans le domaine de l'eau, indique Mobido Traore, environnementaliste du département Afrique de l'Ouest à la Banque africaine de développement (BAD). Nous ne séparons plus les secteurs eau et assainissement. Nous favoriserons des politiques globales intégrant tous les aspects de la gestion : adduction, hydraulique rurale, irrigation, pollution des cours d'eau, eaux de ruissellement. Nous mettrons particulièrement l'accent sur l'assainissement. Dans leurs réponses aux appels d'offres, les porteurs de projets devront s'intéresser à cette question sous tous les aspects de la filière d'épuration : effluents, excréta, boues, utilisation agricole, etc. Les technologies adoptées devront être accessibles, socialement acceptables et leur maintenance doit être facile, pour garantir la continuité de l'opération".

La BAD est une banque multinationale de développement qui a engagé, pour la période 1999-2000, 2,5 milliards de dollars d'aides. Sa stratégie vise à promouvoir une croissance économique accélérée et durable, avec pour priorité la réduction de la pauvreté. Les prêts en faveur du secteur privé connaissent un accroissement de leur volume (3 % en 1996, près de 10 % en 1999). Elle a réformé également ses procédures d'information et de transparence sur les passations de marchés. Les opportunités de contrats sont désormais accessibles sur Internet (<http://www.afdb.org>).

Sur la période 1994-1998, les prêts et dons de la BAD en matière d'adduction d'eau et d'assainissement se sont élevés à 2 milliards de francs.

### **Sanitation: a priority for the ADB**

"We are currently revising our policy on water", states Mobido Traore, an environmentalist in the west Africa section of the African Development Bank (ADB). "We shall no longer be separating the water and sanitation sectors. We promote global policies integrating all aspects of management: water supply, rural water, irrigation, pollution of watercourses, surface runoff. We place particular emphasis on sanitation. Firms submitting tenders will have to address this point in all aspects of the treatment process: effluents, excreta, sludge, agricultural use, etc. The technologies adopted will have to be accessible, socially acceptable and easily maintained, so as to guarantee the continuation of the operation".

The ADB is a multinational development bank which has, for the period 1999-2000, set aside 2.5 billion dollars in aid. Its strategy is aimed at promoting rapid and lasting economic growth, and, as a priority, a reduction in poverty. Loans to the private sector have been increasing in volume (3% in 1996, nearly 10% in 1999). The bank has also reformed its procedures for information and transparency regarding the awarding of contracts. Information on contracts available for tender can now be accessed via the Internet (<http://www.afdb.org>).

Over the period 1994-1998, loans and grants accorded by the ADB for water supply and sanitation systems amounted to 2 billion French francs.

ouverture aiguisée des appétits nouveaux. Certaines sociétés voient là l'occasion d'évoluer et d'afficher de nouvelles ambitions. Ainsi la Société des eaux de Marseille, qui entretient des relations de conseil avec différentes villes du Bassin méditerranéen, est résolue à passer de son rôle, à l'international, d'assistance à celui d'exploitant.

"A cela, deux raisons, commente Alain Meyssonnier, directeur des affaires internationales du groupe. Premièrement, le rôle de conseil a ses limites. Les bailleurs de fonds internationaux l'ont bien compris qui commencent à transformer les missions d'assistance technique en contrats de management (voir le contrat de Gaza). Dans un projet comme celui d'Alger, que nous espérons bien enlever, on demande à l'opérateur privé de prendre la responsabilité des recommandations qu'il fait. Il sera responsable de l'affaire pendant quatre ans sous contrat de gérance. Il vient avec ses experts mais aura le pouvoir de décider

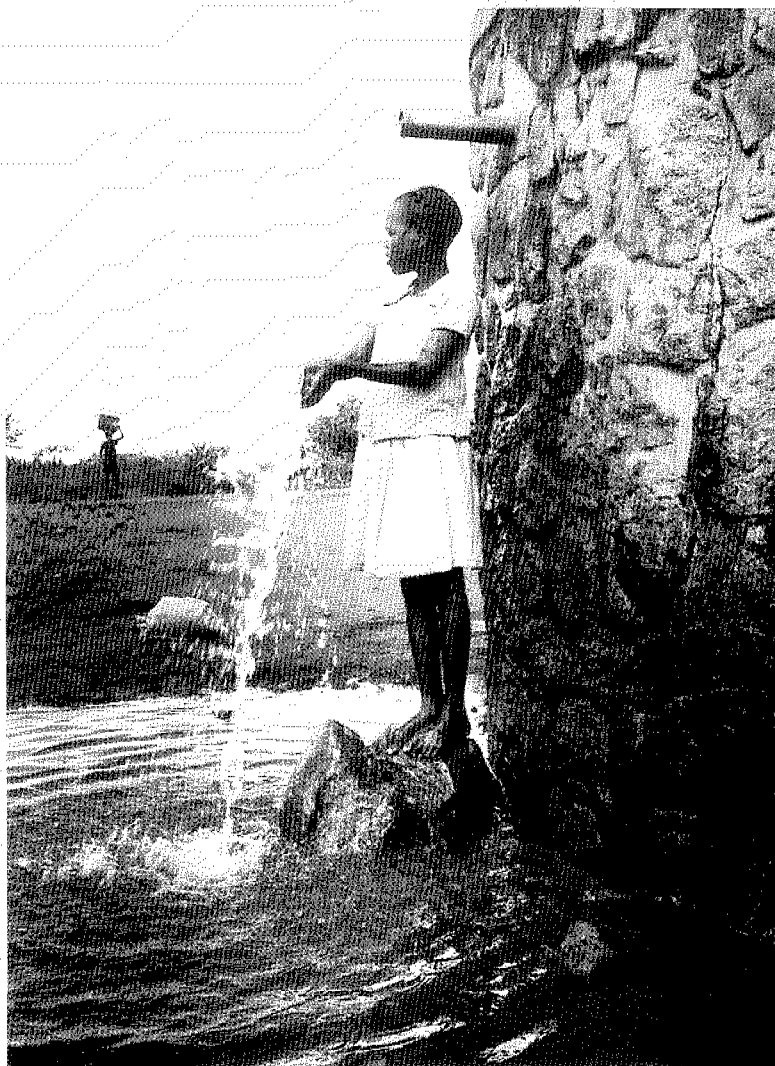
et d'investir. C'est clairement le type de contrats, qui peut déboucher à terme sur l'affermage, vers lesquels nous voulons nous positionner aujourd'hui. L'autre raison est que le marché de l'ingénierie-conseil est de plus en plus difficile, avec une concurrence locale moins chère et compétente qui croît vite".

La SEM, dont le capital est détenu à 48,5 % par la CGE, 48,5 % par SLE et 3 % par le personnel, possède notamment une filiale tunisienne, la Someden qui effectue depuis 1997 la maintenance d'une partie du réseau d'eaux usées de Tunis. Elle intervient aussi pour différentes missions au Maroc. Elle lorgne maintenant sur l'Égypte, la Syrie et l'Afrique de l'Ouest où un accord avec le Maroc et la Tunisie leur permettra de prospecter en commun.

Mais si de grandes sociétés commencent à s'intéresser au marché africain, il est clair que le mouvement de privatisation reste encore très marginal. La ressource financière étant rare, ce sont essentiellement les niches les plus rentables et les plus solvables qui sont et seront exploitées : quelques grandes agglomérations dans les régions les plus structurées et les plus actives. Souvent avec des subventions.

### L'hydraulique villageoise se professionnalise

"Le champ est donc large pour des gens comme nous qui nous inté-



**Si de grandes sociétés commencent à s'intéresser au marché africain, il est clair que le mouvement de privatisation reste encore très marginal.**

**While large firms begin to show an interest in the African market, the trend for privatisation still remains marginal.**

SEM, 48.5% of whose capital is held by CGE, 48.5% by SLE and 3% by the personnel, owns a Tunisian subsidiary, Someden, which since 1997 has carried out the maintenance of a part of the sewerage network in Tunis. It is also involved in various activities in Morocco. The firm is currently looking at Egypt, Syria and west Africa, where an agreement with Morocco and Tunisia will allow them to prospect in together.

Yet while large firms are beginning to show an interest in the African market, the movement towards privatisation clearly remains highly marginal. Financial resources being scarce, it is mainly the most creditworthy and profitable market niches which will be developed: some of the larger conurbations in the most highly structured and active regions, and often with the help of subsidies.

### Village water management becomes more professional

"There is consequently very great scope for people like us who are interested in all the remaining areas", states Jean-Claude Andréini, chairman and managing director of Burgéap, an independent engineering and design office specialising in water and the environment. Eighty percent of the African population are covered by non-urban commercially traded services, in peri-urban areas, small towns, and rural areas not on water supply or sanitation net-

RCS Communication

**François Ombanda  
Président de l'UADE\***

*François Ombanda  
President of the UAWE*

**Comment analysez-vous la situation actuelle dans le domaine de l'eau ?**

En Afrique, la question essentielle, en matière d'eau potable et d'assainissement, se trouve aujourd'hui être celle de l'accès d'un nombre de plus en plus grand de population à un service de qualité et, ce, à des conditions financièrement supportables. Cela suppose des ressources que ne peuvent plus dégager les États, occupés qu'ils sont à d'autres missions. Il reste donc les ressources que peuvent dégager les sociétés qui assurent la gestion des services, c'est-à-dire le produit de la facturation aux usagers.

Bon nombre d'entre elles, souvent des entreprises publiques, sont confrontées, de plus en plus depuis le début des années 90, au problème de leur efficacité. Sous la pression des bailleurs de fonds, les gouvernements s'interrogent sur la participation du secteur privé à la gestion de ces entreprises dont l'importance n'échappe à personne.

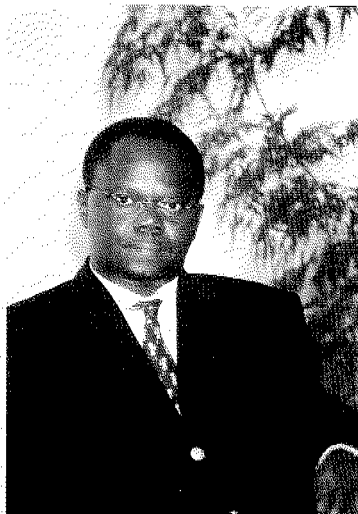
Or, quelques sociétés membres de l'UADE sont aujourd'hui privées ou ont été récemment privatisées. Cela offre la possibilité aux autres de s'informer et d'être en mesure, chacun dans son pays et dans son contexte propre, de contribuer au choix de la solution la plus appropriée.

**- Attendez-vous des améliorations dans vos relations avec les entreprises françaises et les bailleurs de fonds ?**

Certaines entreprises françaises jouent un rôle de premier plan dans le secteur de l'eau et de l'assainissement au plan mondial et sont très actives en Afrique dans le cadre des changements en cours. Je crois qu'elles ne demandent qu'à prendre part à ces évolutions, pour autant que les conditions soient réunies pour assurer la viabilité de leur investissement.

Quant aux bailleurs de fonds, leurs interlocuteurs privilégiés sont les décideurs politiques.

Aujourd'hui, leurs discussions portent sur le désengagement des États de la gestion directe des services publics marchands en général, d'eau et d'assainissement en particulier. Les fonds seront accordés en priorité à ceux qui auront évolué dans le sens de l'efficacité, même s'ils n'ont dû faire appel pour cela au secteur privé.



Propos recueilli par Jean-Luc Martin Lagardette

**- How do you analyse the current situation in the field of water?**

In Africa, the essential question in terms of drinking water and wastewater is currently proving to be the access of an increasingly large population to a service of quality under conditions that are financially acceptable. This presupposes that the necessary resources can no longer be provided by the individual States, occupied as they are with other missions. This leaves only the resources that the firms that manage the services can produce, in other words the product of charges to users.

A large number of firms, often publicly owned corporations, have since the early 1990s been confronted by a problem of efficiency. Under pressure from donor agencies, the governments have been discussing private sector participation in the management of these corporations, the importance of which is undisputed.

Among the members of UAWE, several are now private firms or have recently been privatised. This provides the others with an opportunity to inform themselves and to be capable, each in its own country, to contribute to the choice of the most appropriate solution.

**- Do you expect to see an improvement in your relations with French firms and the donor agencies?**

Certain French firms play a leading role in the water and sanitation sector world-wide and are very active in Africa in the context of the changes currently under way. I believe they are only too willing to take part in these developments, subject to the necessary conditions being met to ensure the viability of their investment.

As for the donor agencies, their ideal contacts are the political decision makers.

Nowadays, their discussions are concerned with State disengagement from the direct management of marketable public services in general, and water and sanitation in particular. When distributing funds, priority will be given to those that have moved towards greater efficiency, even if this has been achieved without the help of the private sector.

\* UADE, Union africaine des distributeurs d'eau, a été créée en 1980 à Abidjan, Côte d'Ivoire, où se trouve son siège. Elle compte, à ce jour, 33 membres effectifs (des sociétés en charge de la distribution de l'eau et de la gestion de l'assainissement dans un pays d'Afrique), une cinquantaine de membres affiliés (fournisseurs de services et matériels d'Afrique et d'Europe). Elle tient un congrès tous les 2 ans, en alternance avec l'AIWE devenue AIE. Le 10e a lieu à Durban du 20 au 25 février 2000.

\* The UAWE, Union of African Water Suppliers, was set up in 1980 in Abidjan, Côte d'Ivoire, where its headquarters are located. It currently has 33 full members (firms responsible for water distribution and management of sanitation systems in an African country), around 50 affiliated members (service providers and material suppliers in Africa and Europe). It holds a congress every two years, alternating with the AIE (formerly AISE). The 10th is due to be held in Durban from 20 to 25 February 2000.

ressons à tout le reste, remarque Jean-Claude Andréini, Pdg de Burgéap, bureau d'études indépendant, spécialisé dans l'eau et l'environnement. 80 % de la population africaine sont concernés par les services marchands non urbains, dans des zones périurbaines, des petites villes, des zones rurales, hors réseaux d'eau ou d'assainissement. Il y a de la place, dans ces niches, pour des PME locales ou de l'étranger et pour des ONG<sup>2</sup>. Trouver une rentabilité et des économies dans ces zones, c'est notre savoir-faire. Nous développons par exemple des opérations d'hydraulique villageoise, qui sont des projets quasi professionnels à grande échelle, puisqu'ils peuvent concerner 1 000 villages d'un coup, comme au Ghana". Dans ce projet de 77 MF, Burgéap a été maître d'œuvre pour la création de 700 points d'eau, accompagnée de sensibilisation et de formation des communautés villageoises. Un système de maintenance privé et décentralisé a été mis en place pour assurer un approvisionnement en eau potable économique, simple et durable (norme de desserte : un point d'eau pour 300 personnes). Tout l'art est de rapprocher les technologies des moyens existants, de concevoir des solutions qui fassent essentiellement appel à des ressources locales. Il faut éviter autant que possible des produits et des techniques dont la mainte-

works. In these niches, there is room for small and medium-sized local and foreign firms and for NGOs<sup>2</sup>. We are expert at making a profit and saving costs in these areas. For example, we develop village-based water management projects, which are large-scale and quasi professional since they may involve 1,000 villages at a time, as in Ghana".

For this 77 million FF project, Burgéap was the main contractor in the creation of 700 water supply outlets, accompanied by an awareness and training programme for the village communities. A decentralised private maintenance system has been set up to ensure a drinking water supply that is economic, simple and durable (supply standard: one water outlet for 300 persons).

The skill is in adapting the technology according to the available means, and to design solutions using almost entirely local resources. The use of products and techniques that would be dependent on imports for maintenance or renewal must be avoided as far as possible. The planned equipment must also be adapted to the mode of finance, the professional capacities, and the social and political realities<sup>3</sup> that can be found locally.

<sup>2</sup> Outre celles déjà citées, de nombreux acteurs français (bureau d'études, entreprises d'équipements, ONG, etc.) interviennent en Afrique : BCEOM, BRL, BRGM, IRD, Souveca, Safège, SHF, cabinet Martin, Pont-à-Mousson, Trounev-Carvin, Sade, Sogreah, G2C, Petavil, AFVP, East, ISF, Grel, GFDR, etc. Impossible, bien sûr, de citer tout le monde. Que l'on nous pardonne cette sélection toute empirique.

<sup>3</sup> In addition to those already mentioned, numerous French players (engineering and design consultants, equipment suppliers, NGOs, etc.) are involved in Africa: BCEOM, BRL, BRGM, IRD, Souveca, Safège, SHF, cabinet Martin, Pont-à-Mousson, Trounev-Carvin, Sade, Sogreah, G2C, Petavil, AFVP, East, ISF, Grel, GFDR, etc. It would of course be impossible to provide an exhaustive list. Please forgive this highly empirical selection.

<sup>4</sup> According to J.S. Eru, throughout West Africa (with the exception of Benin, Mauritania and Mali, none of which make explicit provision for local communities having a role in the management of water) the key player favoured by the State would appear to be the water users association and the water outlet management commit-

nance ou le renouvellement dépendraient de l'importation. Il faut également adapter l'équipement envisagé aux modes de financement, aux capacités professionnelles, aux réalités sociales et politiques<sup>2</sup> qu'on peut trouver sur place.

<sup>2</sup> Selon l'S-Eau, en Afrique de l'Ouest, à part le Bénin, la Mauritanie et le Mali, qui présentent explicitement un rôle pour les collectivités locales dans la gestion de l'eau, partout ailleurs, l'acteur-clé privilégié par l'Etat semble être l'association des usagers de l'eau et le comité de gestion des points d'eau.

From this stems the importance of the evaluation phase: surveys are needed to determine, on the one hand, the level of available local resources (human, technical, financial, etc.) and, on the other hand, the geophysical context.

"We then consider the best possible technical proposition", explains Mr Andréini, "knowing that we will have to make up for the gaps

## Solutions techniques

### Conception sophistiquée pour systèmes simples

Burgéap, qui réalise un chiffre d'affaires d'environ 67 MF dont 40 % à l'export (dont 70 % en Afrique), a mis au point des techniques d'épuration des eaux d'utilisation plus simples et moins onéreuses que celles des procédés classiques. Le dispositif E.P.I. épure les eaux usées par infiltration-percolation aérobie. L'effluent percole à travers un milieu granulaire non saturé, qui contient naturellement de l'oxygène. L'alimentation séquentielle, par bâteaux, permet le renouvellement de l'air au sein du filtre. Les filtres E.P.I. ne produisent pas de boues mais un mince dépôt né de la déshydratation des matières retenues à la surface et qu'il suffit d'évacuer périodiquement. Le procédé Genépi, également basé sur le principe de l'infiltration-percolation aérobie, permet de potabiliser les eaux de surface. Le prix de revient du m<sup>3</sup> d'eau traitée est environ la moitié de celui du m<sup>3</sup> d'eau traitée par une station classique. "Ces techniques simples et qui n'utilisent pas d'énergie ne sont pas pour autant rudimentaires", observe M. Andréini, Pdg de la société. Elles ont demandé un investissement intellectuel important, avec des modèles mathématiques, etc. Comme pour l'énergie solaire, il faut développer une technologie sophistiquée pour s'adapter aux conditions locales et proposer des solutions simples. C'est toujours ce que je dis à mes ingénieurs : "Nous ne faisons pas du bricolage. Soyez d'excellents professionnels et adoptez une démarche clients, même et surtout si ces clients sont pauvres!"

### De la pompe à bras à la pompe solaire

La société Vergnet, qui capitalise plus de 20 ans d'expérience auprès des populations rurales, a vendu autour de 40 000 hydropompes, matériels légers mais résistants, simples d'utilisation, faciles d'entretien. Elle a mis en place, dans 35 pays, tout un réseau de magasins de brousse relayés par 2 000 artisans-réparateurs. Trois modèles de pompes existent (de 30 m à 100 m), qui peuvent être couplées à un système solaire ou éolien que la société commercialise également.

### Potabilisation sans électricité

D'une capacité de 2 à 5 m<sup>3</sup>/h, le système Fontaix peut produire de l'eau potable sans électricité, à partir d'une eau de surface, puits, source, etc. Il peut être installé pour un village ou venir en complément du forage, captage, borne-fontaine, et même être implanté sur le réseau urbain. La méthode de traitement : clarification par double filtration, stérilisation par chloration et désodorisation par charbon actif. Exportateur exclusif : MWA Consultants.

### Savoir gérer la clientèle

L'amélioration du rendement du réseau et la gestion de la clientèle sont les deux clés d'entrée qu'ont fait jouer les sociétés françaises pour pénétrer sur le marché africain de l'eau et de l'assainissement. La Somei, une filiale de la Société des eaux de Marseille, a développé un système informatique spécialisé, baptisé Waterp, qui intègre toutes applications nécessaires à un distributeur d'eau pour la gestion des abonnés et du réseau. Il résout, grâce au couplage téléphonie-informatique, la plupart des problèmes posés par les clients. "Cet outil de gestion est l'un des meilleurs du marché", affirme Alain Meyssonier, directeur des affaires internationales de la SEM. Il a notamment été choisi par Vivendi pour son pôle sud-est.

### De l'eau potable de qualité

Mis au point par la Société Irepolia, le Système E.P.I. de production d'eau potable fait appel à la filtration membranaire pour épurer les eaux destinées à la consommation publique, d'une capacité unitaire de production de 4 à 6 m<sup>3</sup> par jour, il permet d'alimenter plus d'une centaine de personnes dans des zones particulièrement isolées. Simple de conception, il a une autonomie de deux mois et il ne nécessite que peu d'énergie, celle-ci pouvant être apportée par un générateur ou par des panneaux solaires. Dans une autre version, l'énergie hydraulique est retenue pour faire fonctionner seule le système E.P.I. Ayant reçu l'agrément du Ministère de la Santé pour la clarification et la désinfection d'eaux souterraines de type A1, le système E.P.I. a fait l'objet d'une première commercialisation au Maroc.

## Technical solutions

### Sophisticated design for simple systems

Burgéap, which has a turnover of around 67 million FF, 40% of which is in exports (of which 70% is in Africa), has developed water treatment techniques that are easier to use and less expensive than conventional processes. The E.P.I. system treats wastewater by aerobic infiltration-percolation. The effluent percolates through a non-saturated granular medium, naturally containing oxygen. Sequential input allows the air within the filter to be renewed. Rather than sludge, E.P.I. filters produce a thin deposit resulting from the dewatering of matter retained on the surface which simply requires periodic removal.

The Genépi process, also based on the principle of aerobic infiltration-percolation, renders surface water fit to drink. The cost of producing a cubic metre of treated water is roughly half that of a cubic metre of water treated by a conventional plant.

"These might be simple techniques that do not consume energy, but that does not mean they are rudimentary", points out Mr Andréini, chairman and managing director of the firm. "They required a major intellectual investment, with mathematical models, etc. As in the case of solar energy, a sophisticated technology has to be developed that can be adapted to local conditions and provide simple solutions. As I always say to my engineers: 'We are not amateurs. Adopt a totally professional approach and be client-orientated, even and especially if the clients are poor!'"

### From hand pump to solar pump

The firm Vergnet, which can boast more than 20 years experience in working with rural populations, has sold around 40,000 "hydropumps", which are light but resistant, simple to use and easy to maintain. The firm has set up, in 35 countries, an entire network of shops in the bush supported by 2,000 craftsmen-repairers. There are three models of pump (from 30 m to 100 m), and they can be coupled to a solar or wind system likewise marketed by the firm.

### Drinking water production without electricity

With a capacity of 2 to 5 m<sup>3</sup>/h, the Fontaix system can produce drinking water, without the use of electricity, from surface water, wells, springs, etc. It can be installed for a village or be used as an adjunct to boreholes, water intakes or standpipes, and even be installed in an urban network. The method of treatment: clarification by double filtration, sterilisation by chlorination and deodorization by active carbon. Exclusive exporter: MWA Consultants.

### Customer management

Improving network efficiency and customer management are the two key success factors that have enabled French firms to penetrate the water and sanitation market in Africa. Somei, a subsidiary of Société des eaux de Marseille, has developed a specialised computer system, named Waterp, which integrates all the applications needed by a water distributor to manage its subscribers and the network. Using a telephone-computer link-up, it can resolve most of problems raised by customers. "This management tool is one of the best on the market", states Alain Meyssonier, international business manager at SEM. For example, Vivendi have chosen it for their operations in the south east.

### Good quality potable water

Developed by the firm Irepolia, the E.P.I. system for producing potable water uses membrane filtering to purify water intended for public consumption. Each unit has a production capacity of 4 to 6 m<sup>3</sup> per day and can supply over a hundred persons in particularly remote areas. Simple in design, it has an autonomy of two months and uses very little energy, which can be provided by a generator or solar panels. Another version exists in which the entire E.P.I. system runs on hydraulic energy. The E.P.I. system has been approved by the Ministry of Health for the clarification and disinfection of A1 type groundwater and is already being marketed in Morocco.



D'où l'importance de la phase évaluation : des enquêtes sont nécessaires pour connaître, d'une part, l'état de l'ensemble des supports locaux (humains, techniques, financiers, etc.) et, d'autre part, le contexte géophysique.

*"Nous réfléchissons alors sur la meilleure offre technique, explique M. Andréini, sachant que nous aurons à combler les écarts entre la technologie et son insertion dans le contexte, par exemple en construisant un réseau d'entreprises, en facilitant la mise en œuvre de formations, en organisant l'approvisionnement des pièces détachées et la gestion financière des fonds destinés à la maintenance, etc."*

Les projets d'hydraulique villageoise doivent être accompagnés de campagnes d'animation pour présenter les avantages et les contraintes des projets, sélectionner les communautés candidates, responsabiliser et engager les acteurs concernés. Burgéap a également mené ce type de campagnes au Bénin, Burkina Faso, Cap-vert, Côte d'Ivoire, Guinée, Mali, Mauritanie et Tchad.

Ces interventions extérieures sont encore nécessaires pour pallier le manque de poids politique et financier des collectivités locales, qui existent depuis trop peu de temps juridiquement (la décentralisation n'a qu'une quinzaine d'années en Afrique de l'Ouest). Elles n'ont pas suffisamment de moyens pour gérer de façon autonome les compétences qui leur ont été transférées.

*"Des solutions économiques existent, encore faut-il favoriser leur développement, fait observer Jean-Pierre Légeron, Pdg de Irepolia, centre d'études et d'analyses spécialisé en environnement. C'est le résultat d'une mission effectuée en Tunisie par cette société indépendante de services qui a constaté l'abondance des eaux souterraines mais leur fréquente inadéquation aux usages domestiques et agricoles. Des systèmes simples, rustiques et fiables sont envisageables afin de traiter spécifiquement les eaux : Irepolia qui a effectué des propositions dans ce sens souligne l'avantage de faire participer les acteurs locaux à de tels projets avant réalisation; cela implique la mise en place de cofinancements démontrant et préservant les intérêts de chacun des partenaires"*

Certes, les fonds internationaux existent<sup>1</sup>. Mais une grande partie des crédits mis à disposition par les bailleurs n'est pas consommée, les pays en développement hésitant de plus en plus à contracter des emprunts. En outre, l'aide publique au développement décline d'année en année. Ainsi, pour les pays de l'OCDE, comme le relève



**Les Pays en voie de développement hésitent de plus en plus à contracter des emprunts : pour les pays de l'OCDE, cette aide ne représentait plus que 0,22% de leur PNB en 1998 contre 0,35% en 1990.**

*between the technology and its application in the local context, for example by setting up a network of firms, facilitating the organisation of training programmes, organising the supply of spare parts and the financial management of funds intended for maintenance, etc."*

*Village water management projects must be accompanied by promotion campaigns to present the advantages and constraints of the projects, select the candidate communities, and instil a sense of responsibility and commitment in the various players involved. Burgéap has also conducted this type of campaign in Benin, Burkina Faso, Cape Verde, Côte d'Ivoire, Guinea, Mali, Mauritania and Chad.*

*These external actions are still needed to make up for the lack of political and financial weight of the local communities, which have been in existence for too short a time as legal entities (decentralisation has existed for no more than about fifteen years in west Africa). They have insufficient resources to be self-sufficient in managing the skills that have been transferred to them.*

*Economic solutions exist, but their development will need to be encouraged, notes Jean-Pierre Légeron, Chairman and Managing Director of Irepolia, centre for studies and analyses in the environmental field. These are the findings of a mission conducted by this independent service company in Tunisia, which found that there was an abundant supply groundwater but that it was frequently unsuitable for domestic or agricultural use. Simple rustic yet reliable systems can be envisaged to provide appropriate treatment for this water. Irepolia, which put forward proposals along these lines, emphasises the advantage of local players participating in projects of this kind before they are implemented. This implies a system of cofinancing whereby all the partners can demonstrate their involvement and protect their own interests.*

<sup>1</sup> En 1996, l'aide publique française au secteur de l'eau a représenté 2,24 MDE, orientée majoritairement vers l'Afrique.

## Les migrants maliens aident leurs villages d'origine

Depuis la fin des années 70, les investissements dans des projets d'approvisionnement en eau dans leur pays par une quarantaine d'associations de migrants de la région de Kayes (Mali) s'élevaient à 17 MF. C'est ce qui ressort d'une étude menée en 1998 par le GRDR et le pS-Eau sur ce sujet. L'objectif était de mieux cerner le type de projets que les villageois conduisent, ainsi que les problèmes rencontrés dans la conduite de ces projets.

L'eau est le secteur le plus aidé par la migration. Après avoir surtout investi dans l'hydraulique villageoise (puits, pompes à motricité humaine), les migrants souhaitent de plus en plus réaliser des infrastructures d'alimentation en eau potable, plus coûteuses. Depuis le début des années 80, les 42 associations étudiées ont dépensé 14,60 MF dans des AEP.

Les cofinancements, obtenus de différents bailleurs du Nord, se sont montés à près de 4 MF. L'essentiel de ces sommes étant assurée par les migrants, ceux-ci s'impliquent fortement dans les projets qu'ils aident. Ils peuvent simplement soutenir financièrement un projet à partir de cotisations réunies au Nord, ou s'impliquer totalement dans la gestion des installations, avec une caisse domiciliée en France et des décisions prises de ce pays.

La grande difficulté réside dans le recouvrement des coûts. Les migrants le savent. Ils préfèrent malgré tout investir d'emblée, et tant qu'ils en ont les moyens, sur le long terme : pourront-ils mobiliser autant de financements sur dix ou vingt ans ? Ils apportent même un soutien complémentaire pour faire face aux coûts de l'eau que les villageois peuvent rarement supporter intégralement...

Sur le Cercle de Yélimané, les migrants prennent en charge tous les coûts liés au renouvellement des installations. Ils contribuent aussi aux charges de fonctionnement jusqu'à 70 % dans certains cas.

Souvent ambitieuses, les réalisations d'associations de migrants doivent cependant être accompagnées, car elles imposent des exigences de gestion qui ne peuvent pas toujours être satisfaites par les populations locales. La nouvelle stratégie de l'État malien adoptée en 1997 pour le développement des adductions d'eau encourage une large concertation des différents acteurs : organisations villageoises, comités de gestion, opérateurs privés, directions nationale et régionales de l'Hydraulique, bailleurs de fonds, ONG, professionnels de l'eau, etc.

Lors d'une rencontre, organisée par pS-Eau avec les acteurs de l'hydraulique de cette région, les participants ont proposé la mise en œuvre de nouveaux concepts :

- Instance de concertation communale représentative de tous les acteurs de l'eau, qui aurait un rôle consultatif pour la fixation du prix de l'eau, dans le choix éventuel d'un exploitant, dans la programmation des équipements.

- Contrat tripartite (usagers, communes, migrants) qui délimite les rôles et les responsabilités de chacun, notamment en matière d'exploitation et de gestion du service de l'eau.

- Création de commissions de marchés au niveau communal, pour faire respecter les règles de transparence et d'équité dans l'attribution des marchés.

- Autant de mesures qui faciliteraient la pérennité du service.

Pierre-Marie Grondin, secrétaire exécutif du pS-Eau<sup>2</sup>, cette aide ne représente plus en 1998 que 0,22 % de leur PNB, contre 0,35 % en 1990 (alors qu'ils s'étaient engagés sur le taux de 0,7 %). De même, les flux nets des marchés vers la plupart des pays en développement emprunteurs ont diminué. Les investissements privés ne prennent pas la relève de l'aide publique. Et, s'ils restent vraisemblablement la principale source de financement des pays les plus pauvres, ils devraient se ralentir dans les années qui viennent.

Or, les entreprises qui veulent intervenir dans les pays africains doivent pratiquement toujours compter avec une subvention, qu'elle soit nationale ou internationale. La Banque mondiale est le plus important des bailleurs de fonds. Outre ses aides directes, elle soutient d'autres organismes comme le Pnué, le Pnud, l'Unicef, l'OMS, qui interviennent aussi dans le domaine de l'eau. La Banque européenne d'investissement a conclu des accords avec une douzaine de pays méditerranéens. De nombreuses lignes de la Commission européenne sont également accessibles aux porteurs de projets.

En France, le groupe Agence française de développement (AFD) et

<sup>1</sup> Créé en 1984 sous l'impulsion du Conseil européen des ministères des affaires étrangères, le programme solidarité eau (pS-Eau) facilite les initiatives locales de coopération intercommunale. Il rassemble des pouvoirs publics, des collectivités territoriales, des associations de solidarité internationale et des organismes professionnels de l'eau. Le pS-Eau assure notamment le secrétariat d'un nouveau programme de recherche-action sur l'assainissement urbain des eaux usées dans les PVD.

Since the end of the 1970s, investments in water supply projects made by some forty association of migrants from the region of Kayes (Mali) have amounted to 17 million FF. This emerges from a study on the subject carried out by GRDR<sup>1</sup> and pS-Eau in 1998. The aim was to clearly define the type of projects conducted by villagers and the kind of problems they encounter. Water is the sector that receives the most aid from migrants. Having invested chiefly in village water supply (wells, manually operated pumps), migrants are increasingly seeking to provide the infrastructure for drinking water supply (DWS), a far more expensive enterprise. Since the early 1980s, the 42 associations included in the study have spent 14.6 million FF on DWS schemes.

Co-funding, obtained from various donor agencies in the North, has amounted to nearly 4 million FF. Since migrants are therefore responsible for the majority of the sums invested, they are very closely involved in the projects they support. They may simply provide financial support for a project through contributions collected in the North, or involve themselves totally in the management of the installations, with a fund based in France and decisions being taken there.

The major difficulty lies in cost recovery. The migrants are well aware of the problem. They nevertheless prefer to invest right away and, if they still have the necessary resources, in the long term. The question is will they be able to maintain the same level of funding over ten or twenty years? They even provide additional support to meet the cost of the water, which the villagers are rarely able to cover in full...

In the Cercle de Yélimané, migrants cover all the costs related to renewal of the installations. They also contribute to the operating expenses, providing up to 70% in some cases.

The projects carried out by migrants' associations are often ambitious and need outside assistance, as the necessary management requirements cannot always be met by the local population. The new strategy adopted by the Mali government in 1997 for the development of the water supply encourages concerted action by a range of different players: village organisations, management committees, private operators, national and regional water management authorities, donor agencies, NGOs, professionals in the water sector, etc.

At a meeting organised by pS-Eau for the various players involved in the water sector in this region the participants proposed the implementation of new concepts.

- Joint consultative body representing all the players in the water sector, which would have a advisory role in fixing the price of water, selecting an operator and programming the installations.

- Tripartite contract (users, district councils, migrants) setting out the roles and responsibilities of each party, especially with regard to the operation and management of the water service.

- Setting up of contract commissions at the local council level, to ensure that the rules of transparency and equity are applied in the awarding of contracts.

- These are all measures that would help to safeguard the future of the service.

*It is true that international funding exists<sup>1</sup>. Yet a large part of the credits that have been made available by the donors remains unused, with developing countries becoming increasingly hesitant about contracting loans. Furthermore, government assistance for development is falling year after year. Thus, for OECD countries, as observed by Pierre-Marie Grondin, corporate secretary of pS-Eau<sup>2</sup>, this assistance amounted to only 0.22% of their GNP in 1998, compared to 0.35% in 1990 (even though they were committed to a rate of 0.7%). Likewise, the net flow of contracts towards the majority of developing countries that borrow has fallen. Private investments have not taken over from government aid. And even though they will probably remain the principal source of finance for the poorest countries, they are likely to slow down in the years ahead.*

*Firms wishing to become involved in African countries must nearly always rely on a subsidy, whether national or internatio-*

<sup>1</sup> In 1996, French government aid to the water sector totalled 2.24 billion FF, most of which was directed towards Africa.

<sup>2</sup> Created in 1984 at the instigation of the European Council of Foreign Affairs Ministers, the "solidarity-water" programme (pS-Eau) facilitates local initiatives for intercommunity cooperation. It brings together public authorities, local councils, international solidarity associations and internal professional bodies. The pS-Eau programme notably provides the secretariat for a new research-action programme on urban sanitation systems for wastewater in developing countries.

## La lutte contre la sédimentation des retenues d'eau nigériennes

Dans le cadre de la politique d'auto-insuffisance alimentaire, le Niger avait réalisé des ouvrages de retenues d'eau sur les bassins versants de la Maggia, afin de développer des cultures irriguées. Le bassin de Galmi, dans le département de Tahoua, a été mis en eau en 1981. La surface environnante irrigable est de 245 hectares. Mais quatre ans plus tard, seuls 25 hectares de terre peuvent bénéficier de l'irrigation. La cause se trouve dans un processus de sédimentation de la retenue, ce qui génère une insuffisance en eau stockée. En 1987 démarre le projet de réduction du taux de sédimentation du réservoir de captage du bassin de Galmi, mené par l'organisation non gouvernementale Care. Au total, 30 000 hommes seront nécessaires pour édifier 481 kilomètres de murets, plus de 3 000 seuils en pierre et en gabion, et plus de 600 000 plants bris-vent. Aujourd'hui, malgré un manque de ressources financières et institutionnelles, le bassin de Galmi est le seul de la région, parmi les six bassins initiaux, à être toujours en activité. Sa superficie a quasiment doublé pour atteindre 46,5 km<sup>2</sup>. Grâce aux seuils et aux murets, le taux de sédimentation a baissé de 0,75 % en 1974 à 0,3 % en 1995. La végétation a permis une diminution de l'érosion. La population est formée, et dispose d'une production de plants nécessaire à l'entretien d'une pépinière. Et la réhabilitation du bassin de Galmi a limité l'exode rural en offrant du travail à 854 exploitants. Aujourd'hui, le bassin de Galmi peut même se targuer d'exporter dans toute l'Afrique un produit célèbre pour sa valeur gustative : l'oignon de Galmi.

Pascale Peignen-Séraline



U.N.S. - U.S. Department of State  
Within the framework of the policy of self-sufficiency in food, Niger created several retaining reservoirs in the catchment areas of the Maggia, to allow the development of irrigated farming. Galmi reservoir, in Tahoua department, came into service in 1981. The surrounding area included 245 hectares of land suitable for irrigation. However, four years later, only 25 hectares could be effectively irrigated. This was due to silting up of the reservoir, reducing its storage capacity. In 1987, a project, managed by Care, a non-governmental organisation, was launched to try to reduce the sedimentation rate in the receiving reservoir at Galmi. It took 30,000 men to build 481 km of dykes and over 3,000 gabion and stone walls, and plant more than 600,000 seedlings to act as wind-breaks. Today, despite the lack of financial and institutional resources, Galmi reservoir is the only one of the initial six in the region that is still operational. Its surface area has practically doubled and has now reached 46.5 km<sup>2</sup>. Thanks to the gabions and dykes, the sedimentation rate fell from 0.75% in 1974 to 0.3% in 1995, and the vegetation has helped to reduce erosion. The local population has received training, and provision has been made to produce the seedlings needed to maintain the nursery. The rehabilitation of Galmi reservoir has also served to reduce rural migration by providing work for 854 farmers. Today, the Galmi basin even boasts a product exported throughout Africa and famous for its gustatory qualities, the Galmi onion.

Pascale Peignen-Séraline

Proparco (sa filiale secteur privé) a consacré, au cours de ces dix dernières années, plus de 10 MDF dans le secteur de l'eau (dont 60 % pour l'eau potable).

### Le poids croissant des petits opérateurs

Henri Coisne, PDG de Feljas et Masson, une société qui vend des stations de pompage, est assez optimiste sur les financements : "C'est vrai qu'il y a beaucoup de projets dans chaque pays et qu'il est difficile de les concrétiser s'il n'y a pas de bailleurs. Nous, nous réalisons 30 % de notre chiffre d'affaires sur des financements BAD. Mais il existe d'autres sources possibles, comme les Allemands avec KfW ou GTZ, les Hollandais, les Britanniques, les Italiens. Ou les Arabes, qui ont constitué un Fonds de développement économique et social<sup>16</sup>."

Une autre catégorie d'acteurs intervient sur le marché de l'eau. Longtemps ignorés des statistiques et des pouvoirs publics, ils prennent de plus en plus de poids : il s'agit de la multitude d'opérateurs privés qui viennent combler les insuffisances des services des eaux nationaux ou municipaux. Face à l'explosion urbaine et à l'accroissement anarchique des quartiers périphériques, les services d'eau sont démunis : ils ne peuvent assurer correctement la desserte de tout un ensemble de populations qui pourtant ne peuvent se passer d'eau.

Tout une série d'acteurs, évoluant dans un cadre informel, non institutionnel et parfois illégal, s'est peu à peu constitué dans les quartiers défavorisés pour répondre rapidement à la demande : exploitant de forage, transporteur d'eau par camion, concessionnaire de réseau, entreprise de construction, fontainier, propriétaire de citerne de stockage, artisan réparateur, vendeur d'eau au détail, charretier,

national. The World Bank is the biggest donor organisation. In addition to providing direct aid, it supports other agencies, such as UNEP, UNDP, Unicef and WHO, which also act in the field of water. The European Investment Bank has reached agreements with a dozen Mediterranean countries. The European Commission has many credit lines which are also accessible to project holders.

In France, the French Development Agency group (AFD: Agence française de développement) and Proparco (its private sector subsidiary) has during the past ten years devoted more than 10 billion FF to the water sector (60% of which was for drinking water).

### The increasing weight of small operators

Henri Coisne, chairman and managing director of Feljas et Masson, a firm selling pumping stations, is fairly optimistic about finance: "It's true there are many projects in each country and that it's hard to carry them through in the absence of donors. In our case, 30% of our turnover is achieved with finance from the ADB. There are however other potential sources, such as the Germans with KfW or GTZ, the Dutch, the British and the Italians, or indeed the Arabs, who have set up an economic and social development fund<sup>16</sup>."

Another category of players is involved in the water market sector. For a long time excluded from the statistics and ignored by the public authorities, they are carrying more and more weight: these are the multitude of private operators who make up for the inadequacies of the national or municipal water services. Faced with the urban explosion and the haphazard growth of the outlying districts, the water services are powerless: they are no longer able to

<sup>16</sup> Voir également l'USAid américaine, le Jica japonaise, l'Acti canadienne ou le Sida suédois, agences de coopération structurées et qui peuvent avoir plus d'impact que les efforts déployés en ordre dispersé par l'Actim, l'Adem ou l'Oieau (rapport du député J-P Fuchs, juin 1997).

<sup>16</sup> See also USAid (United States), Jica (Japan), Acti (Canada) and Sida (Sweden). These are structured co-operation agencies and can have a greater impact than the piecemeal efforts deployed by Actim, Adem or Oieau (report by French member of parliament J-P Fuchs, June 1997).



JCS/Compartement

**Les différents programmes de sensibilisation à l'hygiène commencent à porter leurs fruits.**

**The various hygiene awareness campaigns are beginning to bear fruits.**

provide an adequate service for an entire group of populations who nevertheless cannot do without water.

A whole range of players, acting within a framework that is informal, non-institutional and sometimes downright illegal, has gradually developed in the disadvantaged districts to respond rapidly to the demand: borehole operators, transporters of water by truck, network concession holders, construction firms, well-drillers, storage tank owners, repair craftsmen, water retailers, carters, etc.

etc.

Ces personnes forment aujourd'hui, dans les grandes villes africaines, un secteur économique réel<sup>1</sup>. Le bureau d'études Hydro Conseil, qui a mené une recherche dans six pays du Sud et trois grandes capitales, a découvert avec surprise l'importance de leur poids macro-économique. Ces entrepreneurs privés peuvent réaliser jusqu'à plus de 4/5<sup>e</sup> de la valeur ajoutée totale de la filière eau potable. Et les emplois dans ce secteur peuvent représenter 3 à 15 fois ceux du secteur public!

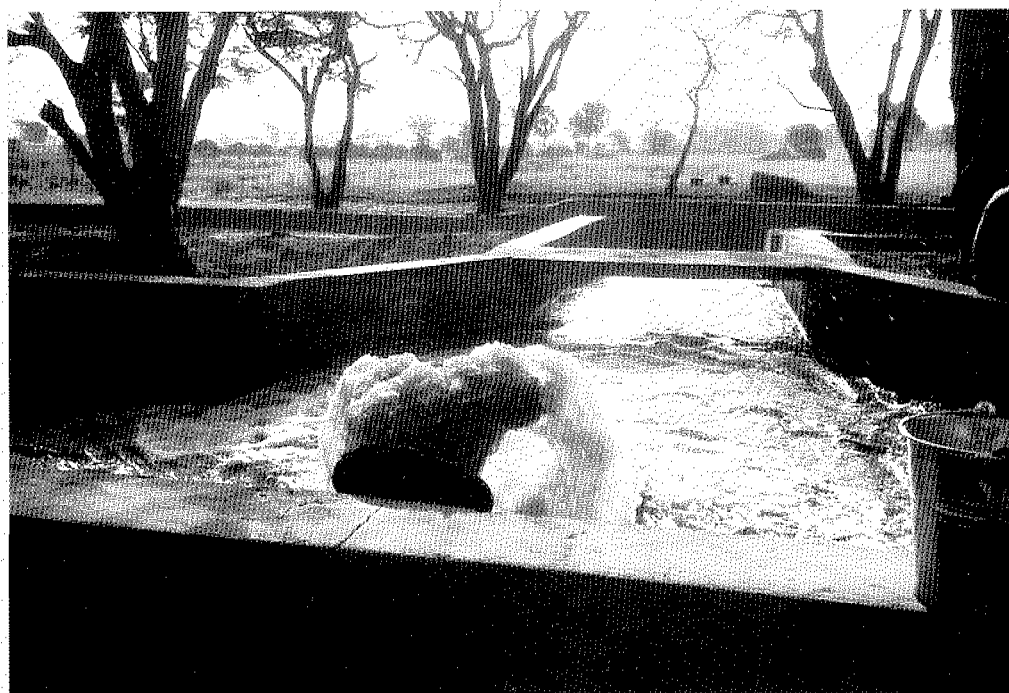
"C'est intéressant de constater, dit Alain Morel à l'Huissier, qui a effectué différentes recherches sur ces thèmes (Cergène ENPC), que, contrairement à nos craintes, même les plus pauvres achètent de l'eau traitée. Ils continuent à utiliser les puits pour leur lessive ou la douche.

Mais, pour leur boisson, ils sont prêts maintenant à faire un effort financier. Les programmes de sensibilisation à l'hygiène commencent à porter des fruits. En revanche, la qualité de cette eau, au final, n'est pas suffisante. Elle se dégrade

etc.

In African cities today these persons constitute a real economic sector. The engineering and design office Hydro Conseil conducted research in six countries in southern Africa and three major capitals, and was surprised to discover the full extent of their macro-economic weight. These private contractors can account for up to four-fifths or more of the total added value in the drinking water sector. Furthermore, the number of jobs in this sector can represent 3 to 15 times those in the public sector!

"It's interesting to observe," says Alain Morel of the firm Huissier, who has conducted various lines of research into these topics (Cergène ENPC), that, contrary to our fears, even the poorest purchase treated water. They continue to use the wells for their cleaning and washing. For drinking, however, they are now prepared to make a financial outlay. The hygiene awareness campaigns are starting to bear fruit. On the



JCS/Compartement

water. They continue to use the wells for their cleaning and washing. For drinking, however, they are now prepared to make a financial outlay. The hygiene awareness campaigns are starting to bear fruit. On the

<sup>1</sup> Une première rencontre interafricaine des opérateurs privés indépendants de l'eau et de l'assainissement a même eu lieu en septembre dernier à Bamako.

**Pour l'eau de boisson, tous sont prêts à faire un effort financier.**

**For drinking water, everyone is prepared to make a financial outlay.**

<sup>1</sup> A first inter-African meeting of independent private operators in the water and sanitation sector was even held last September in Bamako.



pendant le transport et le stockage”.

La solution des bornes-fontaines, qui peuvent alimenter tout un quartier, et des revendeurs, si elles sont de plus en plus reconnues par les pouvoirs publics, ne constituent donc pas encore des solutions satisfaisantes. On avait cru pourvoir développer la méthode de traitement à domicile par des filtres rustiques ou industriels, mais les quelques expériences tentées ont échoué. Sans compter que ces solutions alternatives peuvent revenir au consommateur final 10 à 30 fois plus cher qu'à l'abonné du réseau.

Autre inquiétude, les retards pris en matière d'assainissement. Même si de nouveaux programmes sont lancés pour prendre en compte cette partie essentielle du cycle de l'eau, la maîtrise des eaux de pluie, est la plupart du temps ignorée. Or les dommages domestiques, matériels et en terme de vies humaines sont importants chaque année à la suite des inondations. C'est un problème complexe, touchant à la voirie, à la qualité des réseaux d'évacuation (souvent encombrés de déchets), aux techniques de traitement<sup>5</sup>, à la présence ou non d'une réflexion sur l'urbanisme.

Mais au total, quand il fait le bilan des évolutions en cours sur le Continent, le chercheur Alain Morel-à-l'Huissier se dit confiant : “D'abord parce que l'entrée en lice des grands groupes privés apporte une garantie de qualité au niveau de services qu'auparavant les gens payaient cher sans être satisfaits. Même si leur arrivée va renchérir le prix de l'eau, ils vont rationaliser l'exploitation technique et commerciale et se poser en professionnels face aux responsables nationaux de la gestion de l'eau. Ce dialogue ne peut qu'être fructueux. Ensuite, parce que, dans la planification des systèmes de gestion, on prend de plus en plus en compte la demande réelle des gens. On comprend enfin qu'il y a un niveau de service à offrir pour un prix donné, et un autre niveau pour un prix différent. Analyser les caractéristiques du service à créer en fonction de la capacité et de la volonté des gens à payer constitue une avancée concrète”. ■

Nos vifs remerciements au Centre français du commerce extérieur (CFCE) dont les ressources documentaires et humaines ont été précieuses pour la réalisation de notre enquête, ainsi qu'au pS-Eau, qui nous a guidés avec efficacité.

<sup>5</sup> On parle beaucoup en ce moment du lagunage extensif.

other hand, at the end of the day, the quality of this water is inadequate. It deteriorates during the transport and storage”.

The solution of standpipes, which can supply a whole district, and sellers, even if they are increasingly recognised by the public authorities, do not yet therefore provide satisfactory solutions. It had been hoped that the method of treatment in the home using crude or industrial filters could be developed, but the few experiments that have been carried out have all failed. This is without allowing for the fact that these alternative solutions may turn out to be 10 to 30 times more expensive for the end consumer than for the network subscriber.

Of additional concern are the delays that have occurred in terms of wastewater management. Even if new programmes have been launched to take into account this essential aspect of the water cycle, the control of rainwater is largely ignored. Yet considerable domestic and material damage and loss of life occurs each year due to flooding. The problem is a complex one, affecting the road system, the quality of drainage networks (often obstructed with rubbish), treatment techniques<sup>5</sup>, and the existence or otherwise of discussions on urban planning.

However, when he reviews the overall changes under way on the African continent, researcher Alain Morel at Huissier is confident: “Firstly, because the arrival of major private groups on the scene provides a guarantee of quality at the level of services for which people used to pay dearly without being satisfied. Even if their arrival increases the price of water, they are going to rationalise the technical and commercial operation and adopt a professional stance towards the national authorities responsible for water management. This dialogue is bound to be fruitful. And next, because in the planning of management systems people's actual requirements are increasingly taken into account.

Lastly, it is understood that a given level of service can be offered at a given price, and that for another level the price will be different. Analysing the characteristics of the service to be provided in accordance with the ability and desire of people to pay constitutes a very real progress”. ■

Our grateful thanks to the French external trade centre (CFCE, Centre français du commerce extérieur), whose documentary and human resources were of very great assistance in carrying out our survey, and to pS-Eau, for their excellent guidance.

<sup>5</sup> There is much talk at present of extensive lagunage.

## Comment joindre L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES sur Internet ?

Par l'adresse directe de votre correspondant :

Celle-ci commence par l'initiale du prénom suivi du nom (par exemple : [mhardy@editions-johanet.com](mailto:mhardy@editions-johanet.com) pour Michèle Hardy). Si le prénom est composé, prendre les deux initiales ([jlmathieu@editions-johanet.com](mailto:jlmathieu@editions-johanet.com) pour Jean-Louis Mathieu).

En laissant un message sur notre site :

[www.editions-johanet.com](http://www.editions-johanet.com)

En optant pour le service concerné :

- rédaction,
- publicité,
- autres,
- abonnement,
- fabrication,



# Rôle de la réutilisation des eaux usées pour la gestion intégrée des ressources : coûts, bénéfices et défis technologiques

## *Wastewater reuse: technical challenges and role in enhancement of integrated water management*



Valentina Lazarova,  
Lyonnaise des Eaux -  
CIRSEE

La réutilisation et le recyclage des eaux usées sont essentiels au développement de politiques solides de gestion durable de l'eau et de l'environnement. Dans les régions arides et semi-arides, la réutilisation des eaux usées est un élément essentiel de développement, car elle assure une ressource alternative durable en eau, la réduction de la pollution de l'environnement et la protection de la santé publique. L'objectif de ce papier est de donner une vue d'ensemble du rôle de la réutilisation des eaux usées dans le développement d'une nouvelle stratégie de gestion intégrée des ressources dans les régions arides et de comparer les filières de traitement pour les différents usages. L'accent est mis sur l'évaluation technico-économique de l'eau recyclée pour différents schémas-types de traitement nécessaires à la production d'une eau de qualité suivant les différentes applications souhaitées (irrigation en agriculture et arrosage d'espaces verts, usages à des fins potables et industrielles).

Mots clés : réutilisation des eaux usées, gestion intégrée des ressources, filières de traitement, évaluation des coûts, bénéfices de la réutilisation.

*Municipal wastewater reuse, reclamation and recycling are essential to the development of sound water and environment management policies. In arid and semi-arid regions, wastewater reuse is a vital component of their development ensuring as alternative water resource, sustainability, reduction of the environmental pollution and health protection. Furthermore, wastewater recycling prevents environmental pollution and ensures public health protection. The purpose of this paper is to provide an overview of the role of wastewater reuse in the development of new integrated resource management strategy in arid regions and to compare the most appropriated treatment trains. The emphasis is placed on the technical-economic evaluation of the reclaimed water for several typical treatment schemes needed to produce water quality in accordance with the different reuse applications (agricultural and landscape irrigation, potable and industrial uses).*

Key words: wastewater reuse, integrated resource management, treatment trains, cost evaluation, reuse benefits.

**M**algre une utilisation plus efficace de l'eau dans de nombreux pays développés, la demande en eau douce a continué à augmenter au fur et à mesure de l'accroissement de la population mondiale et de l'activité économique. Selon certaines projections récentes, en 2025 les deux-tiers de la population mondiale connaîtront une pénurie d'eau modérée à importante, tandis qu'environ la moitié feront face à de sévères et réelles difficultés d'approvisionnement. Les conditions de pénurie sont particulièrement délicates au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, régions arides qui abritent environ 5 % de la population mondiale mais ne possèdent que 1 % des ressources d'eau douce. La quasi-totalité des eaux douces renouvelables, comme les rivières, les lacs ou les eaux souterraines, appelées "ressources conventionnelles", a déjà été exploitée en Arabie Saoudite, dans les Émirats Arabes, à Oman, au Qatar, au Koweït, à Bahreïn, au Yémen, en Jordanie, en Israël, en Palestine et en Libye, ou est en passe d'être totalement exploitée dans plusieurs autres pays du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord dans les prochaines années. Il faut souligner que dans les pays de la péninsule d'Arabie, seule une faible part de la demande en eau est couverte par les eaux de surface ou des eaux souterraines renouvelables. La demande en eau est en augmentation rapide, en particulier en agriculture, et conduit à l'épuisement des ressources non renouvelables (eaux souterraines fossiles des nappes profondes) à un rythme accéléré. Le dessalement de l'eau de mer et la réutilisation des eaux usées deviennent des solutions alternatives de plus en plus importantes. Le principal objectif de ce document est de démontrer le rôle de la réutilisation des eaux usées dans la définition et la mise en œuvre d'une stratégie globale de gestion de l'eau

**D**espite improvements in the efficiency of water use in many developed countries, the demand for fresh water has continued to climb as the world's population and economic activity have expanded. According to some recent projections, in 2025 two thirds of the world's population will be under conditions of moderate to high water stress and about half of the population will face real constraints in their water supply. The situation of water stress is particularly critical in the Middle East and North Africa, an arid region that accounts for about 5% of the world's population, but only 1% of the fresh water. Almost all fresh and renewable waters such as rivers, streams, lakes and groundwater, which are termed "conventional water", have already been exploited in Saudi Arabia, the Arab Emirates, Oman, Qatar, Kuwait, Bahrain, Yemen, Jordan, Israel, Palestinian Autonomous Territory and Libya or will be fully developed in several other countries of the Middle East and North Africa within the next few years. It is important to stress that in the countries of the Arabian Peninsula only a small part of water demand is covered by renewable surface or groundwater. Depletion of non-renewable resources (fossil groundwater in deep aquifers) has taken place at an accelerated rate in order to meet the rapidly rising demand, especially in the agricultural sector. Seawater desalination and wastewater reuse are becoming important alternative solutions to the problem of water scarcity.

The main objective of this paper is to demonstrate the role of wastewater reuse for the development and implementation of a comprehensive integrated water management strategy in order to contend with water stress, ensure alternative resources and sus-

tainable development of the arid and semi-arid regions.

### Background

Population growth, urbanisation and industrial development are the main factors which increase water shortages by perpetually pushing up demand. One approach widely used to evaluate water availability is the water stress index, measured as the annual renewable water resources per capita that are available to meet needs for domestic, industrial and agricultural use.

On the basis of past experiences of moderately

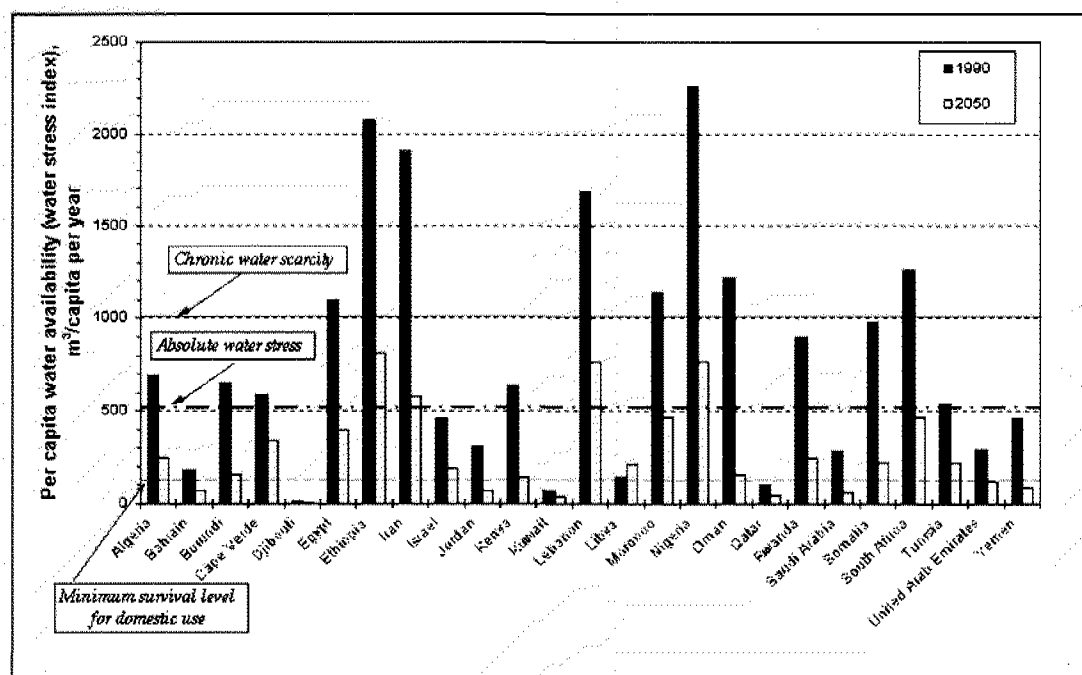
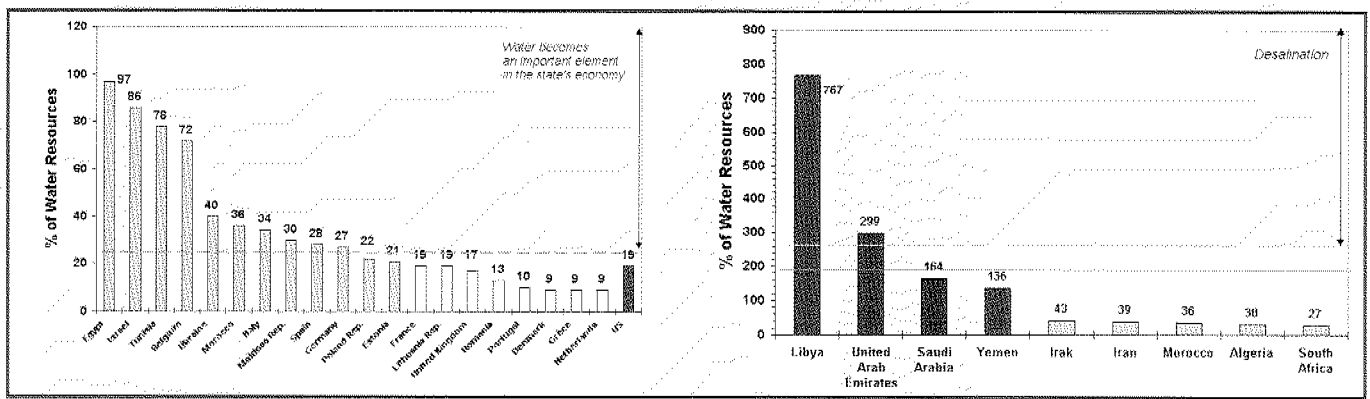


Figure 1 : Prévisions des ressources en eau annuelles renouvelables par habitant et par an (index de pénurie d'eau) en 2050 : comparaison avec 1990 pour les pays en manque d'eau du Moyen-Orient et d'Afrique (adapté d'après World Resources 1996-1997).

Figure 1: Projected annual renewable resources per capita per year (water stress index) for 2050 compared with 1990 for countries with water shortage in the Middle East and Africa (adapted from World Resources 1996-1997).



a) pays à risque potentiel

a) countries facing water scarcity problem

b) pays aux déficits chroniques

b) countries under water stress

Figure 2 : Taux de mobilisation des ressources disponibles et renouvelables dans des pays aux déficits sévères ou à risque potentiel de déficits.

Figure 2: Water withdrawals as a percentage of the annual renewable resources for countries with water deficits and water stress.

dans les régions de la Méditerranée et en Europe pour faire face à la pénurie d'eau, dégager des ressources alternatives et permettre le développement durable des régions aux déficits chroniques ou temporaires en eau.

### Contexte

Les principaux facteurs responsables du manque d'eau sont l'accroissement de la population, l'urbanisation et le développement industriel. Une approche largement utilisée pour l'évaluation de la disponibilité en eau est la mesure de l'index de pénurie, c'est-à-dire les ressources renouvelables annuelles disponibles par habitant pour les usages domestiques, industriels et agricoles. D'après les expériences passées de pays moyennement développés en zone aride, le chiffre de 1000 m<sup>3</sup>/hab/an a été proposé comme seuil au-dessous duquel la plupart des pays sont susceptibles de subir une pénurie chronique suffisamment importante pour freiner le développement et être préjudiciable à la santé des hommes (World Resources). Selon les mêmes experts, au-dessous de 500 m<sup>3</sup>/hab/an, les pays connaissent une pénurie absolue (Falkenmark and Widstrand, 1992). Population Action International a publié une prévision de l'index de pénurie d'eau d'ici à 2050 pour 149 pays : un tiers d'entre eux connaîtront la pénurie absolue. L'Afrique et une partie de l'Asie occidentale paraissent particulièrement vulnérables à une pénurie croissante (figure 1). Ces données montrent qu'un certain nombre de pays du Moyen-Orient sont déjà bien au-dessous du seuil de pénurie absolue de 500 m<sup>3</sup>/hab/an et atteindront d'ici à 2050 le niveau minimum de survie de 100 m<sup>3</sup>/hab/an pour les utilisations domestiques et commerciales. De plus, de nombreuses nations disposant de ressources en eau correctes possèdent des zones arides où la sécheresse et les restrictions en eau ne sont pas rares (nord-ouest de la Chine, ouest et sud de l'Inde, d'importantes zones du Pakistan et du Mexique, côtes occidentales des États-Unis et de l'Amérique du Sud, région Méditerranéenne).

Un autre critère important d'évaluation des déficits potentiels en eau est le taux de mobilisation des ressources renouvelables. Selon les experts internationaux, l'eau devient un élément important de l'économie nationale des pays où plus de 20 % des ressources renouvelables sont exploitées. C'est aujourd'hui le cas de certains pays européens comme l'Allemagne 27 %, l'Espagne 28 %, l'Italie 34 %, l'Ukraine, 40 % et la Belgique, 72 % (figure 2a) qui devront gérer leurs ressources en eau de manière beaucoup plus efficace qu'actuelle-

developed countries in arid zones, renewable freshwater resources of 1,000 m<sup>3</sup>/capita/year have been proposed as a benchmark below which most countries are likely to experience chronic water scarcity on a scale sufficient to impede development and harm human health (World Resources). According to some experts, below 500 m<sup>3</sup>/capita/year, countries experience absolute water stress (Falkenmark and Widstrand, 1992).

Population Action International has projected the future water stress index for 149 countries, showing that one third of them will be under water stress by 2050. Africa and parts of western Asia appear particularly vulnerable to increasing water scarcity (Fig. 1). These data show that a number of Middle Eastern countries are already well below the absolute water stress of 500 m<sup>3</sup>/capita/year and by 2050 will attain the minimum survival level of 100 m<sup>3</sup>/capita/year for domestic and commercial use. In addition, numerous nations with adequate water resources have arid regions where drought and restricted water supply are common (north-western China, western and southern India, large parts of Pakistan and Mexico, the western coasts of the USA and South America, the Mediterranean region).

Another important criterion for evaluation of water stress is water withdrawal as a percentage of the annual renewable resources. According to some international experts, water management becomes a vital element in a country's economy where over 20% of the renewable resources are mobilised. This is currently the case in some European countries, such as Germany 27%, Spain 28%, Italy 34%, Ukraine 40% and Belgium 72% (Fig. 2a), which will have to manage water resources far more efficiently than they do now if they are to meet their future needs. In the Mediterranean region and North Africa, the countries facing high risks of water scarcity are Morocco 36%, Tunisia 78%, Israel 78% and Egypt 97%, where the major part of the renewable resources are withdrawn. Moreover, a number of countries in the Middle East such as Libya, Saudi Arabia, United Arab Emirates and Yemen are characterised by chronic water deficits and cover a major part of their water demand by sea water desalination (Fig. 2b).

### Integrated management of water resources

The integrated management of water resources, in terms of long term water planning, comprises four main elements: water



ment s'ils veulent répondre à la demande future. Dans la région Méditerranéenne, les pays à risque potentiel de déficits sont le Maroc 36 %, la Tunisie 78 %, l'Israël 86 % et l'Égypte 97 % (de ressources mobilisées).

De plus, certains pays au Moyen Orient comme la Libye, l'Arabie Saoudite, les Émirats Arabes et le Yémen ont des déficits chroniques de ressources et couvrent une grande partie de leurs besoins en eau par de dessalement de l'eau de mer (figure 2b).

### Gestion intégrée des ressources

En termes de planification de l'eau à long terme, la gestion intégrée des ressources en eau comporte quatre éléments principaux : gestion de la demande en eau, gestion de la distribution des ressources, protection de l'environnement et développement durable - en termes d'interactions et sous-tendus par des critères économiques, sociaux et écologiques (figure 3). La notion de développement durable, en particulier au niveau d'une alimentation en eau adéquate, comporte plusieurs exigences, dont le développement économique basé sur les ressources naturelles existantes mais sans dégradation des systèmes environnementaux. Chaque aspect des ressources est pris en compte, y compris la qualité (normes plus contraignantes, adaptation plus ciblée à différentes utilisations), la quantité (restrictions dans certains secteurs), les interactions entre les différents types de ressources (rivières, lacs, eaux souterraines), une meilleure gestion du cycle anthropogénique de l'eau, et les mécanismes administratifs et juridiques de contrôle. L'objectif principal de cette nouvelle politique est d'assurer un équilibre dynamique entre les besoins créés par l'activité humaine et les besoins de la nature, tout en évitant des conflits d'intérêts entre les différents usagers et en développant l'utilisation des rejets (figure 4). En réalité, le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires devient un des éléments les plus impor-

nants du concept de gestion intégrée des ressources qui permet de préserver l'équilibre du cycle naturel de l'eau en évitant les impacts négatifs du cycle anthropogénique. Cette approche conduit à la création de circuits fermés et décentralisés, favorisant ainsi le développement de solutions alternatives adaptées aux exigences locales et satisfaisant aux besoins actuels et futurs. Doter le cycle anthropogénique de l'eau de ressources alternatives, comme le recyclage ou le dessalement de l'eau, revient à accélérer le cycle naturel de l'eau au moyen de solutions techniques avancées. Une meilleure efficacité de l'utilisa-

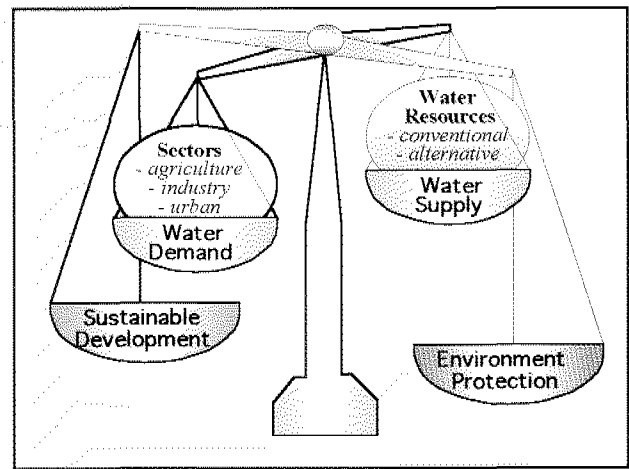


Figure 3 : Éléments principaux de la gestion intégrée des ressources.

Figure 3: Main elements of integrated resource management.

demand, water supply, environmental protection and sustainable development, viewed in terms of their interactions and conveyed by economic, social and ecological criteria (Fig. 3). The notion of sustainable development, in particular as it relates to ensuring adequate water supply, encompasses several requirements including economic development on the basis of existing natural resources but without degradation of the environmental systems. Every aspect of resources is taken into account, including quality (more stringent standards, better targeted to different uses), quantity (restrictions in some sectors), interactions between different types of resources (rivers, lakes, underground water), better management of the anthropogenic water cycle and administrative and legal control mechanisms.

The main aim of this new policy is to ensure a dynamic balance between the needs which stem from human activities and the needs of nature, whilst averting a conflict of interest between the different users and developing the use of waste products (Fig. 4). In fact, wastewater treatment and reuse become important elements, the driving force

of this new strategy, and ensuring environmental protection and natural water cycle equilibrium by minimisation of the negative impacts of wastewater released by the anthropogenic cycle.

This approach leads to the creation of closed and decentralised loops favouring the development of alternative solutions suited to local constraints, and responding to present and future needs. Supplying the anthropogenic water cycle with alternative

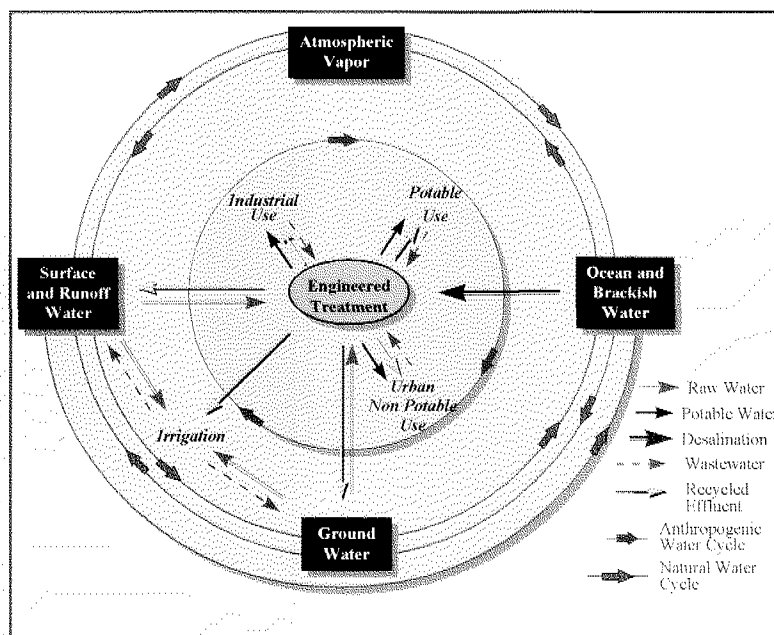


Figure 4 : Gestion intégrée de l'eau avec ressources alternatives telles la réutilisation des eaux usées et le dessalement.

Figure 4: Integrated water management with wastewater reuse and desalination as alternative water resources.

**Table 1: Categories of water reuse: implementation and management characteristics**

	Indirect	Direct	Management characteristics
<b>Potable wastewater reuse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indirect potable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direct potable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Health effect studies</li> <li>• High water quality (pathogens)</li> <li>• Advanced treatment</li> <li>• Blending with drinking water</li> <li>• Water shortage and drought</li> <li>• Water independence</li> <li>• Groundwater replenishment</li> <li>• Population growth</li> <li>• Regulatory pressure</li> <li>• Water stress</li> <li>• No other alternative (Windhoek)</li> <li>• Public support (Denver)</li> </ul>
<b>Non potable wastewater reuse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agricultural irrigation                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• food crops</li> <li>• non food crops</li> <li>• aquaculture</li> </ul> </li> <li>• Recreational uses                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• fishing, boating, swimming</li> </ul> </li> <li>• Industrial uses                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• cooling and boiler water</li> <li>• process water</li> </ul> </li> <li>• Urban uses                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• unrestricted landscape irrigation (parks, schools)</li> <li>• restricted irrigation (golf courses, cemeteries, residential)</li> <li>• fire protection</li> <li>• in-building uses</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agronomic value</li> <li>• Impact on soils</li> <li>• Water quality (pathogens, salinity)</li> <li>• Secondary treatment and disinfection</li> <li>• Water quality (pathogens)</li> <li>• Water quality (pathogens, salinity)</li> <li>• Advanced treatment</li> <li>• Water quality (pathogens)</li> <li>• Dual distribution systems</li> <li>• Tertiary treatment and disinfection</li> <li>• Water shortage and drought</li> <li>• Alternative to effluent disposal</li> <li>• Cost savings</li> <li>• Fertilising value</li> <li>• Water shortage and drought</li> <li>• Enhancement of the environment</li> <li>• Water price</li> <li>• Water independence</li> <li>• Water shortage and drought</li> <li>• Public authority reuse policy</li> <li>• Population growth</li> <li>• Stringent discharge standards</li> <li>• Enhancement of the environment</li> </ul>

tion de l'eau et la réduction des rejets et des pertes sont les solutions les plus abordables face à la pénurie d'eau. Dans un certain nombre de pays du Moyen-Orient et de la région Méditerranéenne, où les réserves actuelles en eau douce sont ou seront prochainement à la limite du niveau de survie, le recyclage des eaux usées est la seule solution possible et peu coûteuse permettant le développement durable des activités agricoles et industrielles. Ainsi, dans des conditions optimales, une ville d'une population d'un million d'habitants consommant 125 m<sup>3</sup>/hab/an peut collecter, traiter et réutiliser 80 % de cette quantité pour irriguer jusqu'à 20 000 ha de terrains agricoles (Shuval, 1994).

### Rôle de la réutilisation des eaux usées

Les multiples avantages de la réutilisation et du recyclage des eaux usées sont reconnus par de nombreux pays et sont inscrits dans leurs schémas directeurs de l'eau, voire dans les politiques nationales comme c'est le cas d'Israël, de Tunisie, du Maroc (Bahri and Brissaud, 1995). Un grand nombre d'avantages, financiers ou non, ont été rapportés, allant de l'amélioration de l'environnement et de la santé publique à la valeur commerciale d'une production alimentaire améliorée, la fiabilité de l'adduction d'eau et la conservation de l'eau et de l'énergie. Selon les conditions locales et les besoins des consommateurs en termes de qualité, deux grands types de réutilisation ont été mis en œuvre et sont pratiqués dans le monde (tableau 1) : (1) applications potables soit directes, après des traitements poussés, soit indirectes, c'est-à-dire après passage dans le milieu naturel, et (2) applications non potables en agriculture (irrigation), dans l'industrie et pour différents usages urbains. L'agriculture représente la

water resources, such as water reclamation or desalination amounts to accelerating the natural water cycle through advanced technical solutions:

*Improving the efficiency of water use and reducing waste and losses are the most affordable solutions to face water scarcity. For a number of countries in the Middle East and North Africa, where current fresh water reserves are or will be in the near future at the limit of the survival level, recycled wastewater is the only significant low cost alternative resource for agricultural, industrial and urban non-potable purposes. For example, under optimal conditions, a city with 1,000,000 population and water consumption of 125 m<sup>3</sup>/cap/year can collect, treat and reuse 80% of that amount for irrigation of up to 20,000 ha of agricultural areas (Shuval, 1994).*

### Role of wastewater reuse

*The numerous advantages of wastewater reuse and recycling have been recognised by several countries and included in their water management master plans at the national level: Israel, Tunisia, Morocco, (Bahri and Brissaud, 1995). Several monetary and non monetary benefits have been reported, such as the enhancement of the environment and public health, as well as the commercial value for food production, higher reliability in water supply, water and power conservation.*

*Depending on local conditions and consumer requirements in terms of quality, two major types of reuse have been developed and practised throughout the world (Table 1): (1) potable uses, which can be direct, following high levels of treatment, or indirect, after*

plus grande part de la consommation d'eau, avec 70 à 98 % de la demande globale. Dans les pays arides et semi-arides, c'est la réutilisation des eaux usées qui fournit la majeure partie de l'eau d'irrigation (Israël, Jordanie, Tunisie). La réutilisation urbaine à des fins non potables (arrosage des espaces verts, cascades, fontaines, nettoyage des rues, lavage de voitures, chasses d'eau et lutte anti-incendie) se développe rapidement; elle est en train de devenir un élément clé dans les politiques de gestion intégrée de l'eau dans les zones urbaines à forte densité de population. La production indirecte d'eau potable à partir d'eaux usées se pratique à grande échelle aux États-Unis, en Grande-Bretagne et en Afrique du Sud. Le seul exemple de production directe d'eau potable est celui de l'usine de Windhoek, en Namibie (15 % d'eaux retraitées diluées avec la ressource naturelle, avec pour objectif 25 % en l'an 2000). Il n'a jamais été signalé d'influence négative de ce type d'eau sur la santé humaine.

L'industrie est le deuxième grand marché pour la distribution d'eau, soit environ 25 % de la demande mondiale. La réutilisation industrielle et le recyclage interne sont désormais une réalité économique. Pour certains pays et types d'industrie, l'eau recyclée atteint 85 % de la consommation globale. Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont les centrales thermiques et nucléaires (l'eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est bien réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle. La part des eaux usées urbaines ne dépasse pas 15 % du volume des eaux réutilisées en industrie. Aux États-Unis, par exemple, le volume des ERU réutilisées est d'environ 790000 m<sup>3</sup>/j, dont 68 % pour le refroidissement (Miller, 1990).

Afin de garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes et adaptées à la spécificité des différents usages. Pour l'irrigation agricole, par exemple, il existe deux grands groupes de standards : les recommandations de l'OMS (1989) et la réglementation Californienne "Title 22" (1978). L'objectif principal est d'éliminer les risques sanitaires. Ainsi, pour l'irrigation sans restriction, la pollution microbiologique selon OMS doit être au-dessous de 1000 coliformes fécaux/100 ml et moins de 1 œuf d'helminthe/L. "Title 22" fixe des restrictions plus sévères, voire l'absence de germes-tests : moins de 2.2 coliformes totaux/100 ml. Dans certains pays, les normes sont draconiennes pour les végétaux destinés à une consommation directe : l'Afrique du Sud, par exemple, exige une qualité d'eau potable pour cette application. L'état d'Arizona a introduit l'absence de virus comme nouveau paramètre microbiologique.

### **Contribution du secteur privé : l'expérience de la Lyonnaise des Eaux**

Durant les dernières années, la privatisation des services de l'eau et de l'assainissement est une tendance bien nette dans les pays développés et émergents. Un grand nombre de pays en voie de développement encouragent également la privatisation dans le secteur de l'eau. L'avantage principal est de palier aux déficits générés par le secteur public, promouvoir les investissements et assurer une meilleure gestion des ressources. Le groupe international Suez Lyon-

*passing through the natural environment and (2) non-potable uses in agriculture (irrigation), industry and urban settlements.*

*Agriculture accounts for the largest share of water consumption, with up to 70-98% of global demand. In some arid and semi-arid countries, wastewater reuse provides the greatest share of irrigation water (Israel, Jordan, and Tunisia). Urban non-potable reuse (irrigation of green areas, waterfalls, fountains, road cleaning, car wash, toilet flushing and fire fighting) is developing rapidly and is becoming a key element in the integrated water management policies in high density urban areas. This application is beginning to be well developed in numerous countries in the Middle East. Indirect potable water production from wastewater is carried out on a large scale in the United States, the UK and South Africa. The only existing example of direct potable water production is the Windhoek plant in Namibia: 15% of wastewater diluted with natural resource water, with the aim of reaching 25% by the year 2000. There has never been any report of a negative impact of this type of water on human health.*

*Industry is the second largest market for water distribution, with around 25% of the global demand. Industrial reuse and internal recycling have become current practices. In some countries and some industries, recycled water accounts for 85% of total consumption. The largest water consumers are power stations and nuclear plants (cooling water) and paper mills. The quality of recycled water is well regulated and depends on the type of use or the type of industrial production. Currently, the part of recycled urban wastewater in industry is not over 15% of the total recycled wastewater volume. In the USA, for example, 790,000 m<sup>3</sup>/d of municipal wastewater are reused for industrial purposes, in major part (68%) for cooling water production (Miller, 1990).*

*In order to ensure public health protection, it is necessary to set up of a legislative framework through the adoption of standards and regulations that are adapted to the characteristics of different usages. Two major group of standards exist for agricultural irrigation: the WHO recommendations (1989) and the Californian Title 22 standard (1978), requiring for unrestricted irrigation of crops eaten raw 1,000 faecal coliforms per 100 ml and 2.2 total coliforms per 100 ml, respectively. WHO recommendations at fix a limit for pathogen parasites removal, < 1 helminth egg per litre. Some countries adopted draconian restrictions for vegetables with direct consumption: for example South Africa requires potable water quality for this use and the state of Arizona requires total virus removal.*

### **Contribution of the private sector: Lyonnaise des Eaux experience**

*In recent years, an important trend in developed and emerging countries is the privatisation and opening of the water supply and sewerage services to market forces. Many less developed countries are also keen to promote private sector involvement in the water sector. The main advantage is to cut public sector deficits, promote investments and ensure better water resources manage-*

naise des Eaux dessert plus de 90 millions d'habitants sur tous les continents avec des contrats divers, variant de services limités à une privatisation totale de tout le secteur de l'eau. La réutilisation des eaux usées est devenue un nouveau service qui permet de mieux satisfaire les exigences des clients dans les zones aux déficits chroniques en ressources naturelles. Afin de garantir les exigences de qualité pour les différents types de réutilisation, la Lyonnaise des Eaux dispose d'une palette d'outils technologiques divers et variés :

- ♦ des techniques extensives (lagunage, l'infiltration-percolation, l'infiltration dans les sols et les aquifères, les zones humides), bien adaptées aux conditions climatiques des régions tropicales et subtropicales,
- ♦ ainsi que des technologies intensives (filtration, traitements physico-chimiques, membranes), des procédés avancés de désinfection (chloration, irradiation UV, ozonation), plus compactes et garantissant une meilleure qualité de l'eau produite (Lazarova et al., 1998, Renaud et al., 1997). Leur implantation permet d'assurer une meilleure protection de l'environnement et de nouvelles applications dans les zones urbaines.

La tendance actuelle des opérateurs privés est la mise en place de technologies de traitement adaptées. A Casablanca par exemple,

ment.

*The international group Suez Lyonnaise des Eaux serves over 90 million inhabitants in all continents with various contracts, from limited O&M services to total privatisation of the water sector. Wastewater reuse is becoming a new service developed to better satisfy client and customer's requirements in the regions with chronic water deficits and stress. In order to better guarantee water quality requirements for the different reuse applications, the Lyonnaise des Eaux group is developing various technical tools:*

- ♦ *extensive technologies (ponds, infiltration-percolation, wetlands), well adapted to the climatic condition of tropical and sub-tropical regions,*

- ♦ *as well as intensive technologies (filtration, physico-chemical treatments, membranes) and advanced disinfection processes (chlorination, UV irradiation, ozonation), which are more compact and guarantee better water quality (Lazarova et al., 1998, Renaud et al., 1997). Their implementation ensures better public health and environmental protection and leads to new urban applications.*

*The current trend in private operation is the choice of technologies*

### Global criteria and procedure for selection of the most appropriate treatment train

Le choix des filières de traitement pour la réutilisation des eaux usées est une procédure délicate qui doit prendre en compte plusieurs critères, non seulement techniques, mais également d'ordre réglementaire, social et économique. L'enjeu majeur est d'assurer une ressource alternative qui respecte l'environnement sans risques pour la santé publique. Pour cette raison, les exigences par rapport à la fiabilité des filières et aux garanties de qualité de l'eau produite se rapprochent souvent de celles du traitement de l'eau potable. D'autre part, des contraintes économiques très fortes pèsent sur les choix techniques pour la plupart des pays où l'eau recyclée est une ressource vitale pour leur développement durable.

Les outils techniques disponibles sont ceux déjà utilisés pour le traitement des eaux usées ou potables. Le défi majeur réside dans le choix de la filière la plus adaptée aux contraintes locales et dans la recherche de nouveaux couplages de traitement.

La démarche de choix des filières comprend au moins quatre étapes, dont la première est l'évaluation des performances des procédés disponibles en

fonction de la qualité de l'eau à traiter et de l'usage final. L'étape suivante est d'analyser les normes imposées et les autres contraintes réglementaires. La proposition des filières de traitement doit également prendre en compte d'autres critères importants, tels que la taille des installations, les conditions climatiques, les spécificités locales géographiques, culturelles, politiques, etc. L'étape finale d'évaluation technico-économique prend en compte d'autres éléments, tels les infrastructures existantes (disponibilité des terrains et de l'électricité, proximité des habitations, etc.), les équipements existants (extension d'usine, nouvelle installation, distance de distribution, nécessité de traitements satellites) et les sources de financement pour les investissements et l'exploitation.

*The choice of the most appropriate treatment train is a complex procedure that has to take into account various not only technical criteria, but also regulatory requirements, as well as social, political and economic considerations. The main stake is to provide water resource alternative with a minimal risk to public health and the environment. For this reason, the requirements for treatment reliability and guar-*

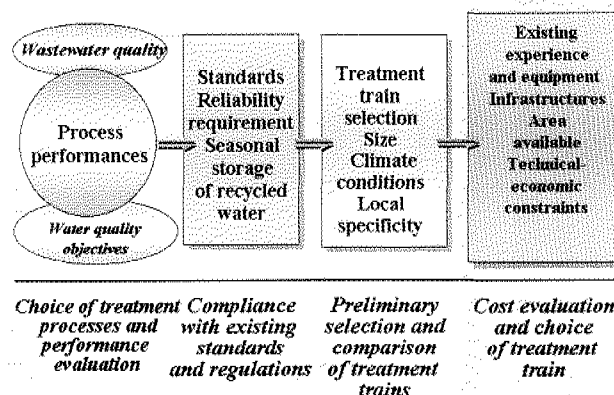
*antees of water quality are higher and even in some cases similar to those for drinking water production. Moreover, economic and financial constraints have to be taken into account for the majority part of the countries where recycled water is a vital water resource for their sustainable development.*

*The technical tools available for water reuse are the same as those used in wastewater treatment or drinking water production. The principal challenge is the choice of the most appropriate treatment train, well adapted to the existing local conditions, looking for new combinations of treatment processes.*

*The procedure of choice of wastewater reuse treatment scheme includes at least four steps. The first step is the evaluation of treatment performances of*

*the available technical tools and processes to reach the required effluent quality. The next step consists of an analysis of the existing standards and other restrictions. The choice of treatment scheme also has to include other important criteria such as size of the plant, climate conditions, geographical, social, political and other local specificities. The final step is the technical-economic evaluation, including the analysis of the existing infrastructure (available surface area, electric power, distance to public housing units, etc.), existing equipment (sewerage system, wastewater treatment, need for plant extension or retrofitting, recycled effluent distribution systems, need for satellite treatment, etc) and the financial resources for the capital and operating costs.*

#### Global criteria and procedure for selection of the most appropriate treatment train





LYDEC (Lyonnaise des Eaux de Casablanca) envisage l'intégration de la réutilisation dans le schéma directeur pour le développement durable de l'agglomération urbaine. L'irrigation agricole, des espaces verts et des golfs sont les principaux types de réutilisation envisagés pour lesquels différents procédés extensifs (lagunage, chenal algal) et intensifs (boues activées, lits bactériens, désinfection) sont étudiés et comparés pour répondre aux normes de qualité de l'OMS de < 1000 coliformes fécaux/100 ml et < 1 œuf d'helminthe/L.

Les graves problèmes de sécheresse qui affectent l'Espagne depuis plusieurs années ont mis en évidence l'importance de la réutilisation agricole pour le développement durable de la Catalogne, l'Andalousie et des îles de Canaries et Baléares. Le groupe AGBAR, par exemple, gère plus de 200 stations d'épuration avec réutilisation des eaux usées (Llagostera and Prat, 1997) d'une capacité de 200 à 40000 m<sup>3</sup>/j. Un grand effort de recherche pour le choix de nouvelles technologies de traitement accompagne ce développement : traitement tertiaire à échelle industrielle par l'infiltration-percolation et désinfection avancée en Catalogne et aux Baléares, techniques membranaires aux Canaries (projet DEREIA).

Pour les pays où les normes existantes sont déjà très sévères (Australie, USA, certains pays du Moyen Orient), non seulement un traitement secondaire est obligatoire, mais un traitement tertiaire est également exigé. Un tel exemple est l'usine de réutilisation de Taïf, Arabie Saoudite, construite par Degremont (67000 m<sup>3</sup>/j, 270000 hab), où l'intégralité de l'effluent est utilisée pour l'irrigation agricole et des espaces verts après floculation/coagulation, filtration multicouche, charbon actif et chloration.

L'usine de réutilisation de West Basin, Californie (capacité finale 270000 m<sup>3</sup>/j), gérée par United Water Services, filiale de Suez Lyonnaise des Eaux, a développé un des plus vastes programmes de réutilisation basé sur des technologies de pointe et des usages diversifiés :

- ♦ 75 % de l'effluent sont réutilisés pour l'irrigation agricole après un traitement type Title 22 de filtration tertiaire et désinfection,

- ♦ une partie de l'eau traitée est destinée à la réutilisation industrielle dans des raffineries (eaux de refroidissement) après élimination complémentaire de la pollution azotée dans l'effluent Title 22 par la biofiltration Biofor ou après traitement membranaire MF/OI (eaux de chaudières),

- ♦ une partie de l'effluent sert pour la production d'eau potable (recharge de nappe pour éviter l'intrusion saline). En plus de l'aspect "traitement", dans le paysage urbain West Basin a développé un réseau de distribution spécifique pour l'eau "Title 22", parallèle au réseau d'eau potable. Après l'extension prévue de l'usine, celle-ci sera la plus importante en Californie, voire aux États-Unis.

Le premier projet de production indirecte d'eau potable à partir des eaux usées en Europe a été mis en place en 1997 dans la région d'Essex, Grande Bretagne par la société Essex&Suffolk Water, filiale de Suez Lyonnaise des Eaux, le projet Water 2000. Plus de 35000 m<sup>3</sup>/j d'eaux usées traitées sont mélangés aux eaux de surface (taux de dilution maximale 37 %) et envoyés dans le réservoir d'eau potable d'Hanningfield. Un suivi rigoureux de la qualité des eaux réutilisées a

*best adapted to the given local conditions. In Casablanca (Morocco) for example, LYDEC (Lyonnaise des Eaux, Casablanca) is considering of the integration of wastewater reuse into the middle and long term master plans. Agricultural and landscape irrigation are the main reuse applications. In order to guarantee the WHO standards of < 1,000 faecal coliforms/100 ml and < 1 helminth egg/L, various extensive (lagooning, high rate ponds) and intensive processes (activated sludge, trickling filters, disinfection) have been evaluated.*

*Significant problems of drought for many consecutive years in Spain have demonstrates the importance of wastewater reuse as an alternative resource for irrigation, ensuring the sustainable development of Catalonia, Andalusia and the Canary and Balearic Islands. The group AGBAR, for example, operates over 200 WWTP with wastewater reuse and design capacity from 200 to 40,000 m<sup>3</sup>/d (Llagostera and Prat, 1997). Considerable R&D efforts have been made in the choice of appropriate treatment technologies: from tertiary treatment by infiltration-percolation and disinfection in Catalonia and Balearic Islands, to membrane processes in the Canaries (project DEREIA).*

*In countries where the existing water reuse standards are very stringent (Australia, USA, the Middle East), secondary and tertiary treatment is required followed by final disinfection. One such an example is the wastewater reuse facility in Taïf, Saudi Arabia, designed and constructed by Degremont company (67,000 m<sup>3</sup>/d, 270,000 p.e.), where the treated effluent is used for agricultural and landscape irrigation after advanced treatment by coagulation/floculation, multimedia filtration, activated carbon filtration and chlorination.*

*The wastewater reuse facility in West Basin, California (final capacity of 270,000 m<sup>3</sup>/d), operated by United Water Services, a subsidiary of Suez Lyonnaise des Eaux, is developing a large wastewater reuse programme on the basis of advanced treatment and various reuse applications and services:*

- ♦ 75% of the effluent is reused for landscape irrigation (parks, golf courses, cemeteries, schools) after a Title 22 treatment,

- ♦ a part of the Title 22 effluent is used for cooling in the petroleum industry after additional nitrogen removal through biofiltration by Biofor or as boiler water after advanced membrane treatment by MF/RO,

- ♦ another part of the secondary effluent is also treated by RO after lime or MF pre-treatment and is reused for aquifer recharge to avoid salt intrusion. Moreover, a dual distribution system is developed for the Title 22 effluent. After extension, this facility will be one of the largest reuse plants not only in California but in the USA.

*The first indirect potable reuse project in Europe, named Water 2000, was implemented in 1997 at Essex, UK by the private company Essex&Suffolk Water, a subsidiary of Suez Lyonnaise des Eaux. Over 35,000 m<sup>3</sup>/d of tertiary effluent is blended with surface water (maximum dilution rate is 37%) and used for replenishment of the Hanningfield drinking water reservoir. Strict water*

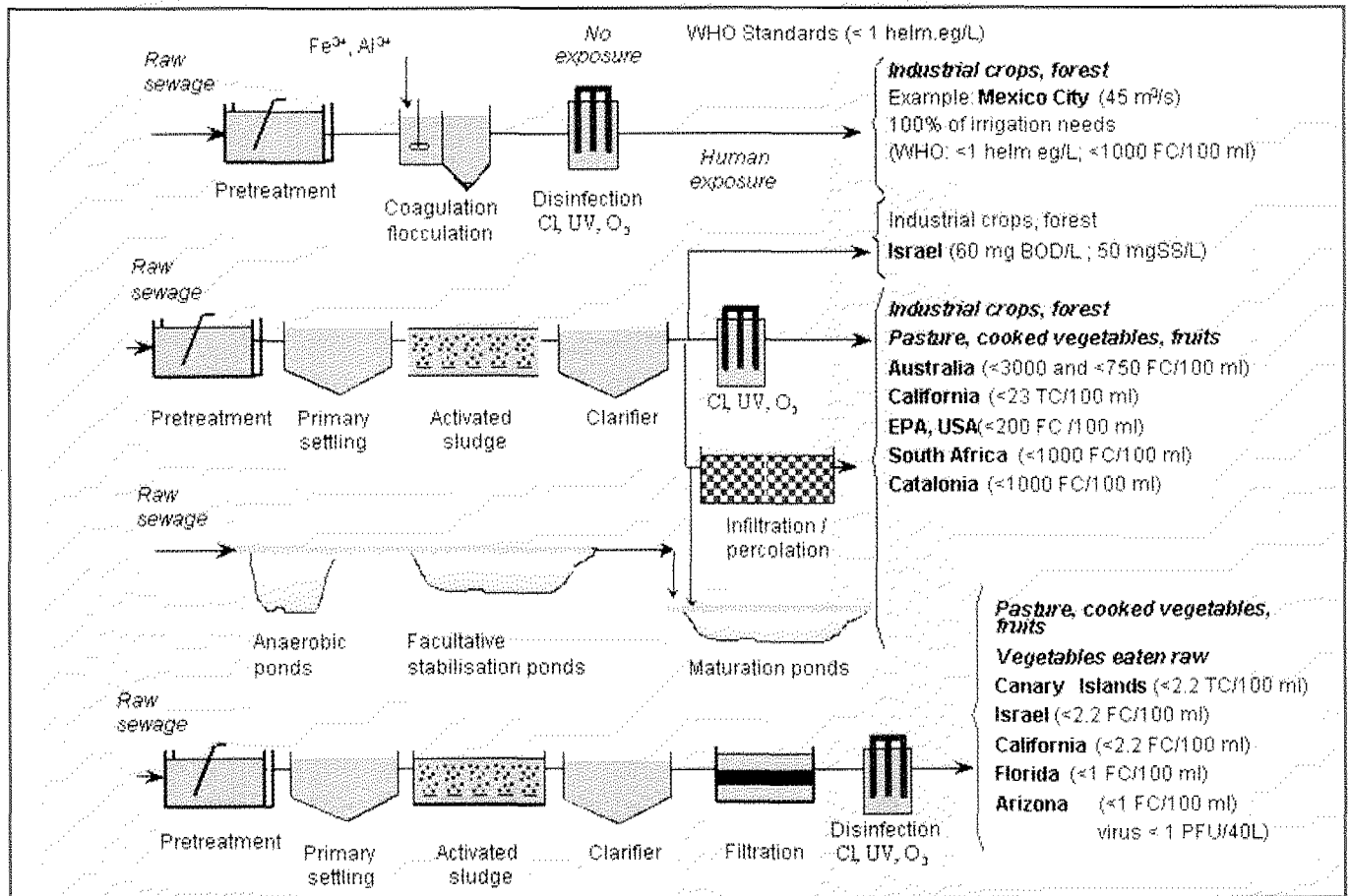


Figure 5 : Principales filières de traitement pour la réutilisation agricole des eaux résiduaires urbaines.

Figure 5: Main treatment trains for agricultural wastewater reuse.

été mis en place (virus, oestrogènes), complété par de nombreuses études d'impacts sur l'environnement et la santé publique.

Pour les usages urbains, l'Afrique de Sud et l'Australie sont les pays dont les normes sont les plus sévères, exigeant respectivement une qualité d'eau potable et l'élimination totale des virus. Dans ce cas, les filières de traitement se rapprochent de celles de production d'eau réutilisée pour des usages potables. Le nouveau procédé hybride de la Lyonnaise des Eaux BioRéacteur à Membrane (BRM)<sup>®</sup> testé en Australie (Cronula et Malabar), est une technologie susceptible de bien répondre à la demande de ce type de réutilisation. Ce procédé a été choisi pour une des premières expériences de recyclage des eaux grises en Europe dans un immeuble de 65 logements à Annecy.

Afin de mieux accompagner la mise en place des projets de réutilisation, le Centre de Recherche (CIRSEE) a mis en place plusieurs projets R&D sur la qualité des eaux destinées à la réutilisation, y compris l'application des méthodes analytiques de pointe pour le suivi des micropolluants organiques, des oestrogènes et des pathogènes, l'optimisation technico-économique des procédés de traitement par des essais pilotes et l'application des outils numériques de modélisation, ainsi que la participation comme coordinateur dans un projet Européen sur le rôle de la réutilisation dans la gestion intégrée des ressources.

### Principales filières de traitement

Afin d'éviter tout risque sanitaire, il est indispensable de traiter l'eau avant de la réutiliser. En règle générale, plusieurs types de traitements physiques (techniques séparatives), chimiques (floculation, oxydation, désinfection) et biologiques (dégradation de la matière

quality control has been implemented including the monitoring of viruses and oestrogens, as well as numerous studies of the impact of reuse on the environment (estuary ecosystem) and public health.

Concerning urban water reuse applications, South Africa and Australia are the countries with the most stringent standards, requiring drinking water quality and zero viruses, respectively. In this case, the treatment chains are similar to those applied for potable reuse. In order to meet such stringent requirements, Lyonnaise des Eaux developed a new hybrid process, the Membrane BioReactor (MBR)<sup>®</sup>, evaluated in Australia (Cronula and Malabar) as a compact technology very well adapted for such stringent requirements. This technology was chosen for one of the first industrial applications of in-building grey water recycling in Europe in a building with 65 apartments in Annecy, France.

In order to better satisfy the wastewater reuse requirements, the Technology and Research Centre (CIRSEE) of the Lyonnaise des Eaux is initiating and running numerous R&D projects on water quality, including the application of high-tech methods for monitoring of organic micropollutants and pathogens, optimisation of treatment processes by means of both pilot plant studies and applications of advanced numerical modelling, as well as through the coordination of a European project on the role of wastewater reuse in the integrated water resource management.

### Typical treatment trains

Wastewater treatment is an important step ensuring safety of reuse and recycling. Depending on the particular type of reuse,

organique et de l'azote) sont utilisés en combinaisons diverses en fonction des besoins spécifiques du type de réutilisation choisi (figure 5).

Le choix des méthodes de traitement dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants sont la qualité de l'effluent, le type de réutilisation, les exigences de qualité et la taille des installations. En fonction des conditions locales et des critères technico-économiques, différentes technologies extensives ou intensives peuvent être envisagées.

Le tableau 2 résume plusieurs modes de traitement recommandés pour les différents types de réutilisation de l'eau. Dans les pays du Bassin méditerranéen, le principal mode de réutilisation reste l'irrigation agricole et des zones urbaines (parcs, jardins, terrains de golf).

### Procédés extensifs

Les techniques extensives (lagunage, infiltration-percolation, infiltration dans les sols et les aquifères, les zones humides) sont bien adaptées aux conditions climatiques des régions tropicales et subtropicales. D'autre part, leur faible coût et l'exploitation relativement facile, leur confèrent des avantages non négligeables pour les pays en voie de développement.

Le traitement dans des bassins de stabilisation, également connu sous le nom de **lagunage**, est un système de "faible technicité" utilisé depuis plus de 3000 ans, qui reproduit dans un environnement contrôlé les processus naturels de purification et de désinfection qui se déroulent dans les lacs et les cours d'eau. Différents types de bassins ont été conçus pour éliminer les agents pathogènes, les matières organiques, les nutriments, les colorants et les métaux lourds.

Au cours de la dernière décennie, des études de plus en plus nombreuses ont été conduites dans différents pays (Shereif et al., 1995; El Hamouri et al., 1996; Grimason et al., 1996; Rångeby et al., 1996) et ont démontré que les systèmes de bassins de stabilisation en série

different treatment processes can be used including physical separation (grids, settling), chemical treatments (coagulation/flocculation, oxidation, disinfection) and biological reactors (lagooning, activated sludge, infiltration percolation).

The choice of treatment process and train depends on the specific needs, wastewater quality, type of reuse and existing standards, as well as the plant size (Fig. 5). Depending on local conditions and technical-economic criteria, various extensive and intensive processes can be included.

Table 2 resumes several recommended treatment schemes for the main groups of reuse applications. The most popular type of wastewater reuse in the Mediterranean Region and African countries remains the irrigation of agricultural crops and urban areas (parks, gardens, golf courses).

### Extensive technologies

Extensive processes (lagooning, infiltration-percolation, soil-aquifer treatment, wetlands) are well adapted to the climate conditions in tropical and subtropical zones. Moreover, the relatively low O&M costs and easy maintenance are important advantages for the developing countries.

Waste **stabilisation pond** treatment, also named **lagooning**, is a "low technology" system practised for over 3,000 years which reproduces in a controlled environment the natural purification and disinfection processes found in lakes and streams. Different pond types have been developed to remove pathogens, organic matter, nutrients, colour and heavy metals.

Over the last decade, an increased number of studies conducted in different countries (Shereif et al., 1995; El Hamouri et al., 1996; Grimason et al., 1996; Rångeby et al., 1996) have shown that stabilisation pond systems in series can produce effluent with microbiological water quality suitable for unrestricted irrigation (WHO guidelines category A, < 1,000 FC/100 ml and < 1 helm. egg/L).

**Table 2. Recommended treatment schemes as a function of wastewater reuse applications (adapted from Shelef and Azov, 1996)**

Type of reuse application	Extensive treatment	Intensive treatment
1. Irrigation of restricted crops	E.1. Stabilisation ponds in series or double lagoons, soil-aquifer, infiltration-percolation	I.1. Secondary treatment by activated sludge or trickling filters with or without disinfection
2. Irrigation of unrestricted crops, vegetables eaten raw	E.2. Idem as E.1. with polishing steps and storage reservoirs	I.2. Idem as I.1 with tertiary filtration and disinfection
3. Urban uses for irrigation of parks, sport fields, golf courses	E.3. Idem as E.2	I.3. Idem as I.2, filtration in the case of unrestricted public access
4. Groundwater recharge for agricultural irrigation	E.4. Idem as E.2, completed by soil-aquifer treatment	I.4. Idem as I.2 with nutrient removal (when necessary)
5. Dual distribution for toilet flushing	E.5. Not applicable	I.5. Idem as I.3 with activated carbon (when necessary), or membrane bioreactors and disinfection
6. Indirect and direct potable use	E.6. Not applicable	I.6. Secondary, tertiary and quaternary treatment, including activated carbon, membrane filtration, reverse osmosis and advanced disinfection

produisent des effluents dont la qualité microbiologique est conforme aux normes d'irrigation sans restrictions (catégorie A des directives de l'OMS, moins de 1000 CF/100 ml et moins de 1 œuf d'helminthe par litre). Le temps de séjour hydraulique dans les lagunes varie de 20 à 90 jours, selon les conditions climatiques. Pour la désinfection, on peut utiliser deux types de bassins de maturation, aéré et non aéré, en fonction des contraintes d'encombrement. Dans des conditions optimales de fonctionnement, le rendement de désinfection est de 3 à 5 log d'élimination, avec des maxima pouvant atteindre 5 à 6 log pour les coliformes fécaux. Selon Grimason et al. (1996), pour la seule élimination des nématodes (catégorie B des directives de l'OMS), le temps de rétention peut être de 10 à 25 jours, en fonction des conditions locales.

Les bassins de stabilisation sont couramment utilisés en France sur les côtes Atlantique et Méditerranée (Lazarova et al., 1997), en Argentine (Kotlik and Miller, 1999), au Kenya (Grimason et al., 1996), en Tanzanie (Mayo, 1996), et commencent à apparaître au Maroc (El Hamouri et al., 1996). En Tunisie, l'ONAS recommande cette méthode pour les villes de 2000 à 5000 habitants (Ghrabi et al., 1989). Au Cap Vert (ville de Mindelo, 2250 m<sup>3</sup>/j), le lagunage est utilisé pour le traitement et la désinfection avant réutilisation dans l'agriculture (Johansson et al., 1996). Des bassins de maturation sont utilisés pour le traitement tertiaire des effluents urbains à Windhoek, en Namibie (Haarhoff et Van der Merwe, 1996).

Le plus grand système de lagunage traite un débit en temps sec de 80000 m<sup>3</sup>/j (capacité maximale de 250000 m<sup>3</sup>/j) provenant de la ville de Nairobi, au Kenya (Pearson et al., 1996). Le complexe de traitement comprend 8 séries parallèles de lagunes, dont un bassin primaire facultatif suivi d'une séquence de 3 bassins de maturation. La qualité des effluents est conforme aux directives de l'OMS pour l'irrigation sans restrictions, avec une réduction de 90 % de la DBO et une élimination de 6 log des coliformes fécaux. Un autre site à taille très importante est celui de Mendoza, Argentine, où plus de 140000 m<sup>3</sup>/j, traités dans des lagunes de 290 ha, sont réutilisés pour l'irrigation d'environ 2000 ha de forêts, vignobles, arbres fruitiers et d'autres cultures (Kotlik and Miller, 1999).

L'un des principaux inconvénients de cette technologie réside dans son manque de souplesse, en particulier en fonction des variations des débits à traiter et des saisons. Une étude effectuée récemment en Afrique du Sud (Jagals and Lues, 1996) a démontré que l'élimination des agents pathogènes dans l'eau d'irrigation n'est pas complète avec les lagunes en série. Une désinfection fiable et efficace, éliminant les coliformes fécaux, les virus et les œufs d'helminthes, pourrait être garantie par le couplage d'une unité à boues activées avec des lagunes de traitement tertiaire. Un autre bon exemple de système de traitement des eaux usées, efficace et peu coûteux, est le procédé Petro, également mis au point en Afrique du Sud (Grau, 1996) et qui combine trois étapes : traitement préalable dans une lagune anaérobie-aérobie, une lagune d'oxydation et un lit bactérien. Le principal avantage technologique de cette méthode réside dans l'élimination des algues contenues dans l'effluent des lagunes.

Un autre inconvénient important, en particulier pour les boues

*The hydraulic residence time varies in the range of 20-90 days according to the climate conditions, and the optimal lagoon depth is 1.2-1.5 m. For disinfection purposes, two types of maturation ponds can be used: aerated or non aerated lagoons, depending on the space constraints. Under optimal operating conditions, the disinfection efficiency is 3-5 log removal, with maximum values up to 5-6 log removal of the faecal coliforms. According to Grimason et al. (1996), for nematode parasite removal alone (WHO guidelines category B), the retention time may vary from 10 to 25 days depending of local conditions.*

*Stabilisation ponds are used as common treatment systems on the Atlantic and Mediterranean coast of France (Lazarova et al., 1997), and in Argentina (Kotlik and Miller, 1999), Kenya (Grimason et al., 1996), and Tanzania (Mayo, 1996), and have recently begun to be implemented in Morocco (El Hamouri et al., 1996). This technology is recommended in Tunisia by ONAS for towns of between 2000 and 5000 habitants (Ghrabi et al., 1989). In Cape Verde (town of Mindelo, 2 250 m<sup>3</sup>/d), lagooning is applied for treatment and disinfection before agricultural reuse (Johansson et al., 1996). Maturation ponds are used for tertiary treatment of urban sewage in Windhoek, Namibia (Haarhoff and Van der Merwe, 1996).*

*The largest pond system in Africa treats a dry weather flow of 80,000 m<sup>3</sup>/d (peak capacity 240,000 m<sup>3</sup>/d) from Nairobi, Kenya (Pearson et al., 1996). The treatment complex comprises 8 parallel series of lagoons, including a primary facultative lagoon followed by a sequence of 3 maturation ponds. The effluent quality meets WHO guidelines for unrestricted irrigation, ensuring over 90% BOD removal and more than a 6 log reduction in faecal coliforms. Another large system is operating in Mendoza, Argentina, where over 140,000 m<sup>3</sup>/d urban wastewater was treated by lagoons with a total area of 290 ha before effluent reuse for irrigation of over 2,000 ha of forest, vineyards, fruits and different crops (Kotlik and Miller, 1999).*

*One of the main disadvantages of this technology is its restricted operation flexibility, depending especially upon flow and seasonal variations. A recent study performed in South Africa (Jagals and Lues, 1996) demonstrated that the series of stabilisation ponds was not completely efficient in removing pathogens from irrigation water. Reliable and efficient disinfection with elimination of faecal coliforms, viruses and helminth eggs may be guaranteed by coupling an activated sludge unit with tertiary treatment ponds. Another good example of a new efficient and low cost wastewater treatment system is the Petro process, also developed in South Africa (Grau, 1996), combining 3 steps: pre-treatment in an anaerobic-aerobic pond, oxidation ponds and a trickling filter. The main technological advantage is the ability to remove algae from the pond effluent.*

*Another disadvantage of lagooning, in particular for dry and windy zones, is the high water loss due to evapotranspiration.*

*Wetlands are also an environmentally sound solution. They have been developed in rural areas, sometimes in natural wetlands*



sèches, ensoleillées et ventées réside dans les pertes importantes dues à l'évapotranspiration.

**Les zones humides** constituent une autre solution intéressante du point de vue écologique. Elles sont établies dans des zones rurales, parfois dans des zones naturellement marécageuses (marais, tourbières, marécages) et, plus souvent, dans des marais artificiels. Les quatre catégories de marais artificiels comprennent :

- ◆ les lits de plantes à écoulement de surface, très courants aux États-Unis et dont la surface est de 2 à 5 ha, et jusqu'à 400 ha (Kadlec, 1995);
- ◆ les lits à écoulement immergé végétalisés, largement utilisés en Europe, en Australie et en Afrique du Sud (Wood, 1995);
- ◆ les lits aquatiques submergés, moins fréquents ;
- ◆ les structures aquatiques flottantes.

Les publications sur le sujet suggèrent que les lits à écoulement immergé remplis de gravier permettent d'éliminer les protozoaires et les helminthes. Bien conçus et bien exploités, ces systèmes permettent de répondre aux critères de l'OMS pour une irrigation sans restrictions (catégorie A). Certaines études réalisées sur le terrain dans des marais artificiels de traitement secondaire en Égypte (Williams et al. 1995) et en Ouganda (Denny, 1997) indiquent, toutefois, que la réduction des germes pathogènes (réduction de 2-3 log des coliformes fécaux et des coliphages) ne suffit pas à satisfaire les critères de qualité nécessaires pour une réutilisation de l'eau sans restrictions.

Il est important de préciser que l'utilisation des marais artificiels dans les pays en voie de développement ne progresse que très lentement, malgré les conditions climatiques favorables. Des conceptions spécialement adaptées aux zones tropicales et subtropicales ont été élaborées. Ces méthodes permettent d'obtenir plusieurs avantages : environnement plus sain, meilleure qualité de l'eau, production durable de biomasse végétale, recyclage des déchets dans l'agriculture, irrigation. On peut en citer un bon exemple dans l'utilisation de lits artificiels plantés de roseaux comme système d'épuration pour des stations classiques en Ouganda, autour du lac Victoria, où ces installations servent à empêcher l'eutrophisation des eaux douces (Balirwa, 1995). En vue d'optimiser l'élimination des nutriments et la désinfection, un système combiné est en cours de développement en Afrique du Sud. Il fait appel à un lit primaire à circulation sous la surface fortement chargé, précédant le transfert sur un filtre biologique en vue de la nitrification et, pour finir, une étape d'épuration finale en lit planté de roseaux (Wood, 1995).

Les zones humides nécessitent un traitement préalable de l'eau, et son fonctionnement n'est pas si facile à contrôler. Il crée des problèmes d'odeurs et de prolifération des moustiques. Aucun des types de zones humides à surface libre y compris les lagunes ne peut être utilisé dans les zones de paludisme.

Le traitement par infiltration dans le sol et l'aquifère permet la purification des eaux usées par écoulement à travers des sols non saturés et la nappe phréatique elle-même, jusqu'à des puits de récupération. Par rapport à l'injection directe dans les aquifères, cette méthode permet le traitement des effluents de qualité médiocre sans contami-

(marshes, bogs, swamps) and more frequently in constructed wetlands. The four general classes of constructed wetlands are:

- ◆ surface flow marshes, very popular in USA with a mean surface of 2-5 ha and up to 400 ha (Kadlec, 1995);
- ◆ vegetated subsurface flow beds, widely used throughout Europe, Australia and South Africa (Wood, 1995);
- ◆ submerged aquatic beds, less frequently used;
- ◆ floating aquatics.

The literature suggests that gravel filled subsurface flow wetlands successfully remove protozoa and helminth parasites. With appropriate design and operation, the WHO guidelines for unrestricted irrigation (category A) may be met. However, several field studies performed in constructed wetlands for secondary treatment in Egypt (Williams et al., 1995) and Uganda (Denny, 1997) show that the pathogen reduction (2-3 log reduction of faecal coliforms and coliphages) is not sufficient to satisfy the relevant water quality standards for unrestricted reuse.

Should be emphasised that the spread of the use of constructed wetlands in developing countries has been painfully slow, despite the favourable climate conditions. Appropriate designs for tropical and subtropical zones have to be worked out. A number of benefits can be derived from implementing such technologies: healthier environment, better water quality, sustainable cropping of plant biomass, waste recycling in agriculture, irrigation. A good example is the use of constructed wetlands as a polishing system for standard sewage treatment plants in Uganda, around Lake Victoria, in order to prevent eutrophication of freshwater (Balirwa, 1995). To optimise nutrient removal and disinfection, a combined system has been developed in South Africa via a primary high-loaded subsurface flow wetland before transfer to a biological filter for nitrification and, finally, to a polishing wetland stage (Wood, 1995).

Wetlands need a pre-treatment stage and its operation is not so easy to control. Odour and mosquito control is of primary concern. In areas where malaria occurs, none of the wetland types with open water can be used.

As well as lagooning, **soil aquifer treatment (SAT)** provides wastewater purification during flow through unsaturated soils and the aquifer itself to recovery wells. In contrast to direct injection into the aquifer, this method ensures the treatment of lower quality effluents without microbial contamination of the freshwater. This technology is used in arid and semi-arid regions in USA and around the world. One of the largest water reclamation plants is in Dan region, Israel, serving a total population of about 1.3 million with an average wastewater flow of 270,000 m<sup>3</sup>/d (Kanakrek and Michail, 1996). The removal efficiency for different pollutants (suspended solids, nutrients, pathogens, trace metals and organic matter) varies widely with the type of soil, loading rate and temperature. The hydraulic residence time varies from several months to one year.

**Infiltration-percolation** is an efficient extensive wastewater treatment process ensuring high treatment and disinfection effi-

nation microbienne de l'eau souterraine. Cette technologie est utilisée dans les régions arides et semi-arides des États-Unis et ailleurs dans le monde. L'une des plus grandes unités de réutilisation se trouve dans la région de Dan, en Israël, et dessert une population totale de 1,3 millions d'habitants environ, représentant un débit moyen d'eau usées de 270 000 m<sup>3</sup>/jour (Kanarek et Michail, 1996). Le rendement d'élimination des différents polluants (matières en suspension, nutriments, germes pathogènes, métaux à l'état de traces et micropolluants organiques) varie beaucoup selon le type de sol, la charge et la température. Le temps de séjour dans le système hydraulique peut varier entre plusieurs mois et un an.

L'infiltration-percolation est un procédé extensif de traitement des eaux usées qui permet des rendements de traitement et de désinfection élevés avec un temps de séjour réduit (quelques heures ou quelques jours seulement). Ce procédé de traitement repose sur le principe d'un filtre biologique aérobie, et il élimine les matières en suspension, le carbone organique, les nutriments et les micro-organismes contenus dans l'eau à traiter. Il consiste en cycles de submersion et d'assèchement de profonds bassins d'infiltration sablonneux. Le rendement de désinfection dépend du matériau granulaire, de sa température, du pH, et surtout du niveau de saturation et du temps de séjour des eaux usées (Brissaud et Salgot, 1994). On obtient une meilleure désinfection si le lit filtrant reste insaturé pendant un temps de séjour de 30 heures au moins (autrement dit le temps minimal nécessaire à un effluent secondaire pour traverser un lit de sable de 4 mètres à raison de 0,5 mètres par jour). En France et en Espagne, la capacité des installations d'infiltration-percolation est en moyenne 600 m<sup>3</sup>/jour pour les sites de traitement secondaire, et 3 600 m<sup>3</sup>/jour pour les sites de traitement tertiaire. On trouve de petites unités de traitement au Maroc (Ouazzani et al., 1996). Il en existe de plus grande taille en Israël et aux États-Unis.

**Méthodes intensives**

Les technologies intensives (filtration, traitements physico-chimiques, membranes) et en particulier les procédés avancés de désinfection (chloration, irradiation UV, ozonation), sont bien plus compactes et garantissent une meilleure qualité de l'eau produite pour les différents usages de réutilisation (Lazarova et al., 1997, Renaud et al., 1997). Leur implantation permet d'assurer une meilleure protection de l'environnement et de nouvelles applications dans les zones urbaines.

Les procédés de traitement avancés (biologiques, physico-chimiques, membranes) figurent en bonne place dans les programmes de recherche, avec pour principal objectif d'assurer de manière fiable la bonne qualité de l'eau (élimination des particules en suspension, des virus et des germes pathogènes, des nutriments, des métaux à l'état de traces et des micropolluants organiques). Les recherches les plus avancées visent le développement de nouvelles

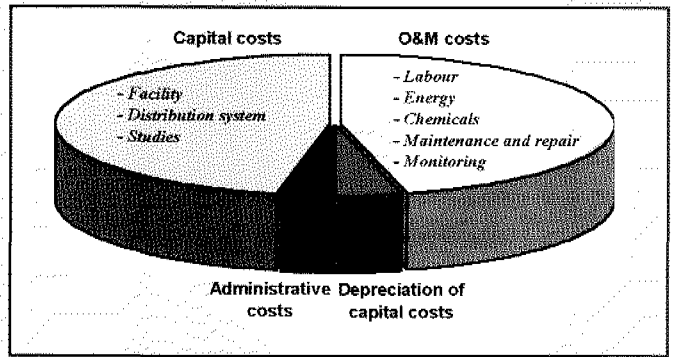


Figure 6 : Distribution des coûts d'eau recyclée.

Figure 6: Main components included in recycled water costs.

ciency with lower residence time (only a few hours or days). This treatment process acts as an aerobic biological filter and removes suspended solids, organic matter, nutrients and microorganisms from the influent. It is based on flooding-drying cycles of deep sand infiltration basins. Disinfection efficiency depends on the medium, temperature, pH and, most importantly, its saturation level and the wastewater residence time (Brissaud and Salgot, 1994). Enhanced disinfection is achieved if the filter bed remains unsaturated for a residence time of at least 30 hours (i.e. the minimum time for a secondary effluent to run through a 4 m sand dune filtering bed at 0.5 m/day). In France and Spain, the capacity of infiltration percolation plants is on average 600 m<sup>3</sup>/day for secondary treatment plants and 3,600 m<sup>3</sup>/day for tertiary treatment plants. Small treatment plants are also operated in Morocco (Ouazzani et al., 1996). Larger plants exist in Israel and in the United States.

**Intensive technologies**

Advanced treatment processes (biological, physico-chemical, membrane) are at the centre of R&D programmes for wastewater reuse, their main objective being to ensure high and reliable water quality (removal of suspended particulate matter, viruses and pathogens, nutrients, trace metals and organic matter). Some of

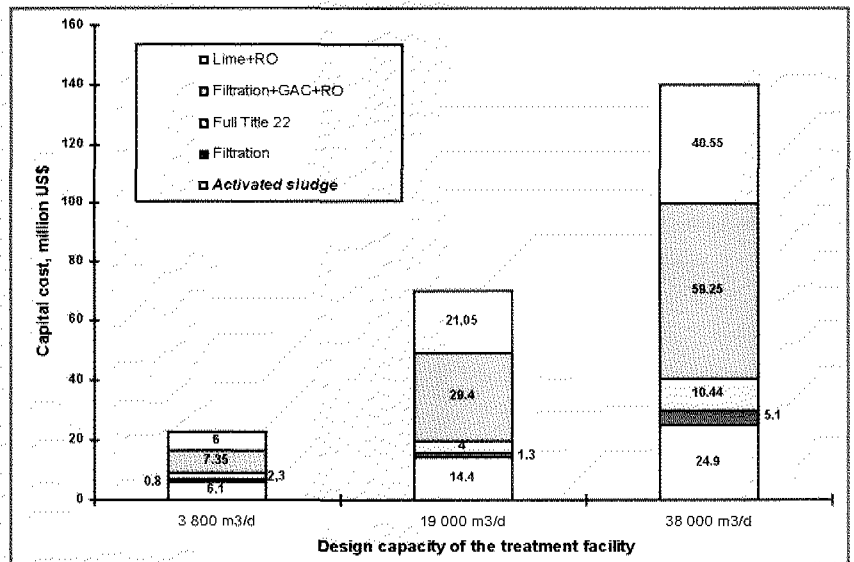


Figure 7 : Investissement estimé pour les installations de traitement d'eau recyclée en US\$ 1996 (adapté d'après Richard et al., 1993).

Figure 7: Estimated capital costs in US\$ for reclamation treatment facilities in the USA in 1996 (adapted from Richard et al., 1993).

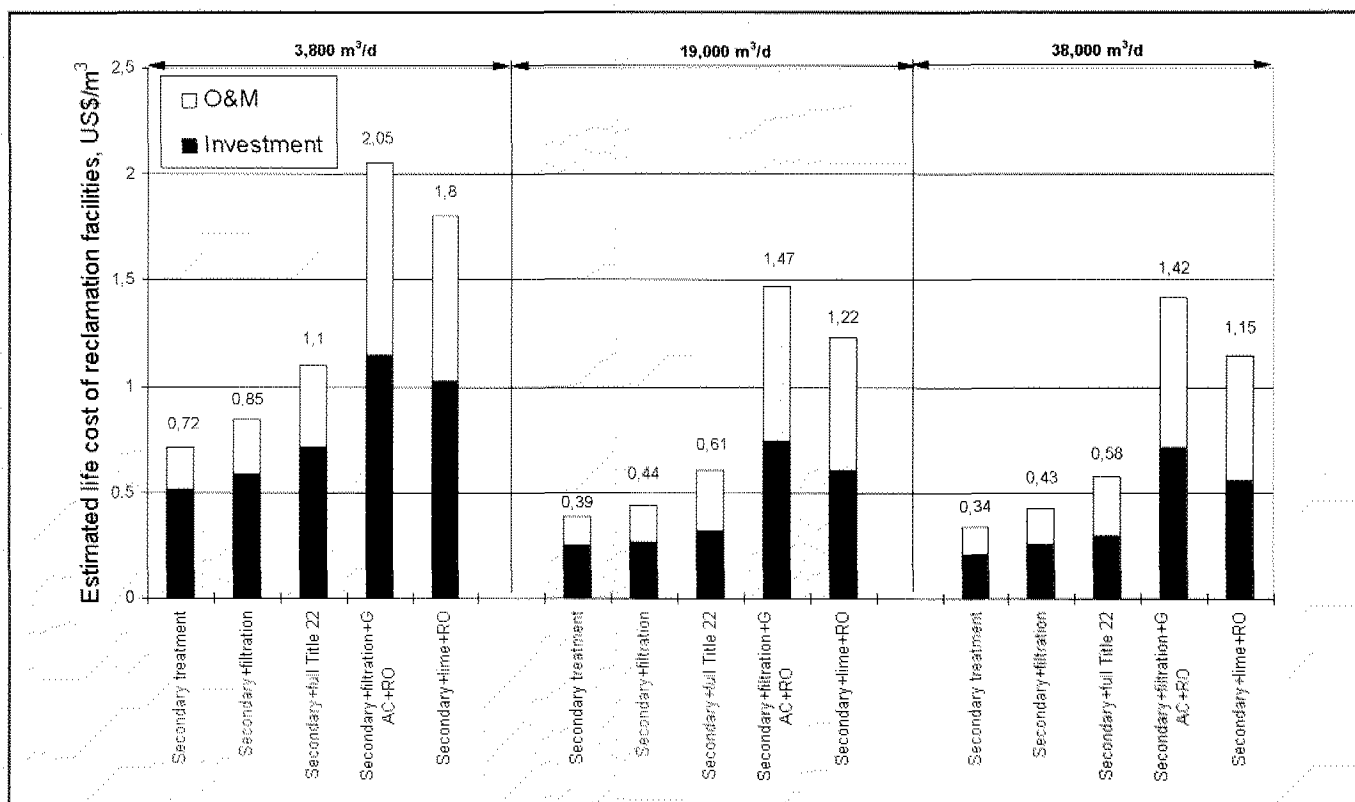


Figure 8 : Estimation du coût d'exploitation et maintenance d'installations de recyclage en US\$ 1996 (adapté d'après Richard et al., 1993) : amortissement sur 20 ans à un taux d'intérêt de 10 %.

Figure 8: Estimated operation and maintenance costs in US\$ for reclamation treatment facilities in the USA, 1996 (Richard et al., 1993): capital costs are amortised for 20 years at a return rate of 10 %.

technologies et de chaînes de retraitement basées sur le principe des barrières multiples pour la réutilisation indirecte dans les circuits d'eau potable (États-Unis), la réutilisation de l'eau non potable pour l'irrigation (France, Espagne) et le recyclage des eaux usées domestiques (France, Japon) et leur désinfection (France, États-Unis). Après un traitement secondaire classique, la qualité de l'eau est encore améliorée par des traitements tertiaires tels que la filtration sur sable ou charbon actif, la nitrification ou la dénitrification, la coagulation et la floculation, la filtration sur membrane, l'électrodialyse et l'osmose inverse.

Dans la plupart des cas, en fonction du type de réutilisation prévue et du traitement précédemment mis en œuvre, une **désinfection** complémentaire est nécessaire pour répondre aux exigences imposées. Les bactéries, les parasites et les virus font partie des impuretés qu'il est le plus important d'éliminer ou d'inactiver dans les eaux à réutiliser. On utilise habituellement deux types de procédés pour la désinfection des eaux usées :

- ♦ désinfection physico-chimique, avec des procédés tels que la chloration, l'ozonisation, l'irradiation aux ultraviolets,
- ♦ filtration sur membrane (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, osmose inverse et bioréacteurs à membrane). Le traitement par membranes assure une excellente qualité de l'eau et sa conformité à toutes les normes de désinfection en vigueur, notamment celles qui concernent l'élimination des virus (à l'exception de la microfiltration). Il nécessite, toutefois, des investissements non négligeables.

La méthode la plus courante de désinfection des eaux usées est la chloration. La toxicité potentielle des sous-produits du chlore enlève, cependant, de son attrait à cette technique. L'irradiation par ultraviolets est apparue en France et aux États-Unis comme une méthode émergente. Son efficacité est comparable, voire souvent supérieure,

the leading players in this field are focusing on the development of new technologies and treatment chains for indirect potable reuse (USA), non potable reuse for irrigation (France, Spain), as well as grey water recycling (France, Japan) and disinfection (France, USA). Further improvement of water quality after conventional secondary treatment is achieved through tertiary treatments such as sand or activated carbon filtration, nitrification/denitrification, coagulation-flocculation, membrane filtration, electrodialysis and reverse osmosis. In most cases, depending on the type of reuse application and the treatment previously applied, additional **disinfection** is necessary to satisfy wastewater reuse requirements. Bacteria, parasites, and viruses are among the key constituents that need to be removed or deactivated from the reclaimed water. Two groups of processes are commonly used for wastewater disinfection:

- ♦ physico-chemical disinfection with processes such as chlorination, ozonation, UV irradiation,
- ♦ membrane filtration (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, reverse osmosis and membrane bio-reactor). These technologies ensure excellent water quality and satisfy all current disinfection standards, including standards for virus removal (except for microfiltration), but require substantial investments. The most common method of wastewater disinfection is chlorination. However, the potential toxicity of chlorination by-products makes this process less attractive. UV irradiation has emerged in France and the USA as a viable alternative to chlorination with a comparable and often more effective disinfection efficiency for control of viruses and bacteria (Lazarova et al., 1997). Ozone disinfection is becoming increasingly popular in wastewater treatment due to its high effectiveness in bacteria and virus inac-

pour l'élimination des virus et des bactéries (Lazarova et al., 1997). La désinfection par l'ozone est encore peu pratiquée pour le traitement des eaux usées, mais se développe en raison de son excellente efficacité pour l'inactivation des virus, des bactéries et des protozoaires (Janex et al., 1999). En Californie, l'irradiation UV et la microfiltration sont vivement recommandés pour les nouvelles filières de réutilisation.

### Évaluation économique des filières de réutilisation des eaux usées

L'analyse économique porte sur la valeur des ressources investies pour la construction et l'exploitation d'un projet de réutilisation, mesurée en termes financiers et calculée sur la base actuelle des prix. Seul le coût marginal du recyclage des eaux usées (traitement supplémentaire, stockage et distribution) doit être inclus, à l'exclusion du coût de collecte et de traitement des eaux usées.

La figure 6 montre les éléments constitutifs du coût total de la réutilisation de l'eau. Sont compris les coûts de collecte de l'effluent secondaire, du traitement supplémentaire et du stockage, du réseau de distribution et de tous les raccords. La répartition entre les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation et maintenance varie d'un projet à l'autre et dépend des procédés de traitement mis en œuvre. Les coûts sont également fortement influencés par les contraintes locales : prix du site de construction, distance entre le site de production et les consommateurs, nécessité de doubler ou aménager le réseau (Aussoleil, 1983). Les deux dernières contraintes sont primordiales, car dans de nombreux projets l'investissement principal est lié au réseau de distribution.

Richards et al. (1993) ont analysé l'influence de la capacité de l'installation sur l'investissement pour le traitement secondaire classique (boues activées) et différents post-traitements (figure 7). L'investissement pour la filtration tertiaire et la désinfection ou même pour un traitement complet "titre 22" de coagulation-floculation, filtration et désinfection ne dépassait pas 30 à 40 % de l'investissement pour le traitement secondaire. Des dépenses nettement supérieures sont nécessaires pour les filtres à charbon actif (CAG) et l'osmose inverse (OI). Sur la base de l'expérience des États-Unis (figure 8), le coût total annualisé du traitement d'eaux résiduaires brutes jusqu'à la pro-

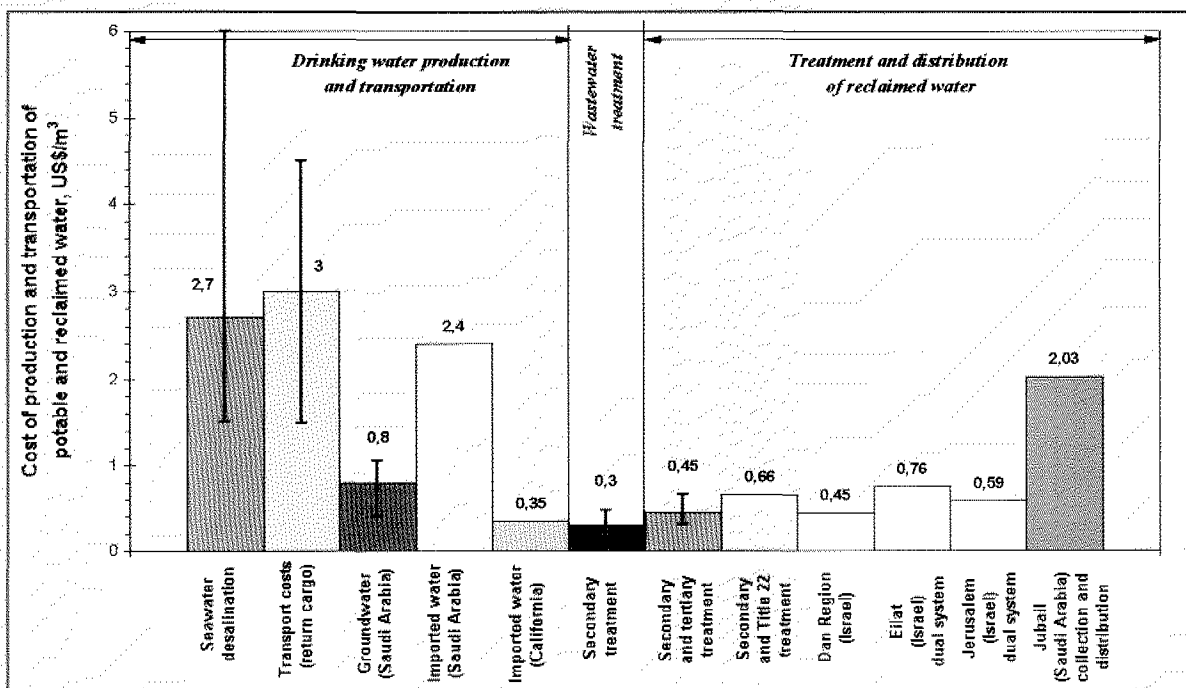


Figure 9 : Comparaison des coûts estimés de différentes sources alternatives en eau.

Figure 9: Comparison of estimated costs of various alternative water supplies.

duction (Janex et al., 1999). UV irradiation and microfiltration are recommended as standard treatment technologies in California to meet stringent standards.

### Cost evaluation of wastewater reuse systems

The economic analysis focuses on the value of the investments needed for the construction and operation of the reuse project calculated on the basis of actual prices. Only the marginal cost of wastewater recycling (additional treatment, storage and distribution) must be considered, excluding the cost of wastewater collection and treatment.

Figure 6 illustrates the main components of the total cost of water reuse. The costs of the collection of the secondary effluent, additional treatment and storage, distribution system and all connections are included. The distribution of capital and O&M costs varies from one project to another and depends on the type of treatment processes applied. These costs are also highly influenced by local constraints: price of the building site, distance between the production site and the consumers, need to install a dual distribution system or retrofitting (Aussoleil, 1983). The latter two constraints are important as in many projects the main capital investment concerns the distribution system.

Richards et al. (1993) analysed the effect of plant capacity on capital cost for conventional secondary treatment (activated sludge) and different post-treatments (Fig. 7). The capital costs for tertiary filtration and disinfection or even for full Title 22 treatment (coagulation-floculation, filtration and disinfection) did not exceed 30-40% of the investment for secondary treatment. Significantly higher expenses are needed for activated carbon filters (GAC) and reverse osmosis (RO) to produce high purity water for drinking purposes.

On the basis of the experience in the USA (Fig. 8), the life cycle cost for the treatment of raw sewage to produce recycled water suitable for unrestricted irrigation varies from 0.43 to 1.10 US\$/m³.



duction d'une eau recyclable en irrigation varie de 0,43 à 1,10 US\$/m<sup>3</sup>. La part des coûts d'exploitation et maintenance comparée à l'amortissement de l'investissement dans le coût total dépend de la technologie de traitement; elle est plus importante pour les procédés haute technologie (CAG et OI) que pour le traitement secondaire avec ou sans filtration tertiaire et désinfection. D'importantes économies d'échelle peuvent être réalisées pour les grandes installations de recyclage : le coût total pourrait être réduit de moitié lorsque le débit de l'installation passe de 4000 à 20000 m<sup>3</sup>/j ou de 50000 à 200000 m<sup>3</sup>/j.

Il faut souligner que le coût unitaire d'une eau usée recyclée dépend non seulement du débit de l'installation et de la chaîne de traitement, mais aussi de la composition de l'eau usée, des exigences de qualité et d'autres conditions locales (coûts de l'énergie, de la main-d'œuvre, etc.). Le coût du réseau de distribution est un élément important du coût de l'eau recyclée : il peut atteindre 70 % du coût total en fonction des conditions spécifiques du site. La construction de nouveaux réseaux est moins chère que l'aménagement de réseaux existants. On rapporte des valeurs allant de 0,06 US\$/m<sup>3</sup> à Jubail, Arabie Saoudite (Al-A'ama and Nakhla, 1995), à 0,14 et 0,36 US\$/m<sup>3</sup> respectivement dans la région de Dan et à Jérusalem, Israël (Shelef, 1991).

### Comparaison de la réutilisation avec d'autres solutions alternatives

La plupart des pays de la péninsule d'Arabie (Arabie Saoudite, Koweït, Bahreïn, Qatar) font appel à de grandes installations de dessalement pour satisfaire de 50 à 95 % (Koweït, Qatar) de la demande urbaine en eau, totalisant 1863 milliards de m<sup>3</sup> en 1990 (Abdulrazzak, 1995). Le grand nombre de petites installations de dessalement rendent ce procédé cher. De plus, la salinité de la mer Rouge conduit à des coûts de dessalement élevés : de 2,5 à 10 US\$/m<sup>3</sup> (Abdulrazzak and Khan, 1990), comparés aux coûts signalés aux États-Unis, de l'ordre de 1 à 2,6 US\$/m<sup>3</sup>. Arlosoroff (1996) signale des valeurs moins élevées pour l'osmose inverse en Israël : de l'ordre de 0,7 à 1,1 US\$/m<sup>3</sup>. Même si le coût du dessalement a nettement tendance à baisser depuis quelques années, la comparaison directe reste difficile faute d'informations sur le coût du transport (est-il inclus ou non?), et parce que les coûts signalés n'ont pas été révisés en fonction de l'inflation. Divers projets d'importation d'eau à partir de la Turquie, du Pakistan, du Liban et d'Iran ont été proposés à certains pays du Moyen-Orient, mais ont été reçus avec scepticisme en raison des coûts et des risques politiques (Abdulrazzak and Khan, 1990; Abdulrazzak, 1995). Le plus grand projet en Europe de transfert d'eau du Rhône de France jusqu'à Barcelone, Espagne, suscite une polémique de plus en plus importante non seulement en raison des coûts du projet, mais également parce que les solutions alternatives, telles que la réutilisation, la diminution des fuites, etc., non pas été considérées ni mises en place.

La figure 9 tente de comparer le coût de l'eau recyclée avec d'autres ressources alternatives. Les coûts de production et de transport de l'eau potable sont donnés pour l'Arabie Saoudite (Abdulrazzak and Khan, 1990) sans correction de l'inflation. Étant donné le coût réel

**Table 3 Examples of monetary value of benefits (according to Sheikh et al., 1998)**

Benefit	Applicability	Value (US\$/m <sup>3</sup> )
<b>Economic benefits</b>		
Water supply	very common	0.24-0.89
Water supply reliability	very common	0.11-0.81
Effluent disposal	very common	0.16-1.63
Energy conservation	situational	0-0.20
Economic development	situational	no data
<b>Environmental benefits</b>		
Upstream watershed	very common	no data
Downstream watershed	common	0.33-0.65
Environmental restoration	situational	no data
Public health	situational	no data

*The range of dollar values is derived from specific examples*

*Compared with the capital amortisation, the proportion of O&M costs in the total cost depends on the treatment technology and is higher for high-tech processes (GAC and RO) compared to secondary treatment with or without tertiary filtration and disinfection. Significant economies of scale may be achieved for large reclamation facilities: the life cycle cost could be halved when the plant capacity increases from 4,000 to 20,000 m<sup>3</sup>/d or from 50,000 to 200,000 m<sup>3</sup>/d.*

*It should be emphasised that the unit cost of reclaimed wastewater depends not only on the plant size and the treatment chain, but also on wastewater composition, water quality requirements and other local conditions (energy costs, labour, etc.). Moreover, the main components of recycled water costs are not the same from one plant or country to another.*

*Distribution system cost is an important part of reclaimed wastewater costs and can reach 70% of the overall costs depending on site-specific conditions. New systems are less expensive than retrofitting existing networks. Values ranging from 0.06 US\$/m<sup>3</sup> in Jubail, Saudi Arabia (Al-A'ama and Nakhla, 1995) to 0.14 and 0.36 US\$/m<sup>3</sup> in the Dan Region and Jerusalem in Israel, respectively (Shelef, 1991), have been reported.*

### Comparison with other alternatives

*Most of the countries of the Arabian peninsula (Saudi Arabia, Kuwait, Bahrain, Qatar) rely heavily on large-scale desalination plants to satisfy from 50% to 95% (Kuwait, Qatar) of the urban water demand, with, an overall combined capacity of 1,863 billion m<sup>3</sup> in 1990 (Abdulrazzak, 1995). A large number of small desalination plants make desalination an expensive alternative. Moreover, the high salinity of the Red Sea leads to higher desalination costs: from 2.5 to 10 US\$/m<sup>3</sup> (Abdulrazzak and Khan, 1990) compared to the reported costs in the USA ranging from 1 to 2.6 US\$/m<sup>3</sup>. Even if the cost of desalination has shown a clear downward trend for the last few years (Arlosoroff, 1996 reported lower values for the reverse osmosis costs in Israel, ranging from 0.7 to 1.1 US\$/m<sup>3</sup>), direct comparison of this data remains difficult because of the lack of information as to whether transportation and power costs are included and also because the reported costs have not been adjusted for inflation.*

*Figure 9 tentatively compares the cost of reclaimed water with*

élevé de l'eau potable au Moyen-Orient sans aides de l'État, le dessalement de l'eau de mer reste une solution viable. Cependant, le recyclage après un traitement intensif pour mise en conformité aux normes "Titre 22" apparaît comme une alternative de coût peu élevée. Le traitement supplémentaire et la distribution augmentent de 50 à 100 % le coût du traitement secondaire.

### **Bénéfices de la réutilisation des eaux usées**

La réutilisation des eaux usées engendre des avantages financiers et non financiers. C'est pourquoi les projets sont souvent sous-évalués lorsqu'on les compare à d'autres projets, et des occasions importantes de tirer avantage d'un projet de réutilisation sont perdues (Sheikh et al., 1998). Les bénéfices non financiers sont l'amélioration de l'environnement et de la santé publique, la réduction des rejets de nutriments dans le milieu récepteur, la réduction du coût de traitement de l'eau potable, et la sauvegarde des espaces de loisirs et du tourisme. Les avantages les plus communs pour les autorités locales sont :

- ◆ réduction de la quantité d'effluents et maintien de la capacité de rejet,
- ◆ élimination de certains procédés de traitement pour l'élimination des nutriments, par exemple,
- ◆ réduction de la longueur des grands collecteurs par la construction d'installations de recyclage satellites,
- ◆ vente d'eau recyclée.

Sur la base de l'expérience des États-Unis, Sheikh et al. (1998) ont proposé quelques valeurs financières d'avantages offerts par la réutilisation d'eaux usées (tableau 3).

### **Conclusion**

Un grand nombre de pays du Moyen Orient et de l'Afrique sont confrontés à une pénurie d'eau due aux ressources limitées en eau, à la demande croissante dans tous les secteurs et au manque d'efforts de prévisions. Le développement et la mise en œuvre d'une stratégie globale de gestion intégrée de l'eau avec réutilisation des eaux usées sont les seules voies possibles pour éviter l'augmentation du déséquilibre entre l'alimentation limitée et la croissance rapide de la demande, ainsi que la dégradation importante de l'environnement, l'exploitation poussée des nappes souterraines et l'accroissement de leur pollution.

La réutilisation de l'eau est un domaine en pleine expansion, principalement associé à l'agriculture. De nombreuses solutions techniques permettent de répondre aux normes de réutilisation existantes, en particulier aux directives de l'OMS sur l'irrigation restreinte et sans restrictions. Les traitements extensifs sont peu coûteux, faciles à acquérir et relativement faciles à mettre en œuvre. Ils sont particulièrement bien adaptés aux conditions climatiques des régions tropicales et subtropicales. Des technologies intensives, nécessitant de moins grandes superficies, garantissent une bonne qualité de l'eau, en vue d'une meilleure protection de l'environnement et de nouvelles applications dans les zones urbaines.

Dans ces pays où les réserves actuelles d'eau douce sont ou seront

*other alternative resources. The costs of production and transportation of drinking water are given for Saudi Arabia (Abdulrazzak and Khan, 1990) without correction for inflation. In view of the high real cost of potable water in the Middle East without State subsidies, sea water desalination remains a viable solution. However, reclaimed water, even after intensive treatment up to the stringent Title 22 standard, appears to be the lower cost alternative. Additional post-treatment and distribution lead to a 50-100% increase in the cost at secondary treatment.*

### **Benefits of wastewater reuse**

*A water reuse project generates monetary and non-monetary benefits. As a result, water reuse projects are often under evaluated when compared to other projects and significant opportunities for beneficial reuse are lost (Sheikh et al., 1998). The non-monetary benefits consist of an improvement in the environment and public health, a reduction in the discharge of nutrients in receiving water, a reduction in drinking water treatment costs, and the safeguarding of recreational use and tourism. Typical benefits for the wastewater agency and local authorities include:*

- ◆ *reduction of effluent discharge and preservation of discharge capacity,*
- ◆ *elimination of certain treatment processes to meet mass limits, for nutrients, for example,*
- ◆ *reduction or elimination of major sewers through construction of satellite water reclamation plants,*
- ◆ *sale of recycled water.*

*On the basis of USA experience, Sheikh et al. (1998), have proposed some monetary values of wastewater reuse benefits (Table 3).*

### **Conclusion**

*A number of countries in the Middle East and North/Southern Africa are faced with water stress due to limited water resources, rising demand in all sectors and lack of planning efforts. The development and implementation of a comprehensive integrated water management strategy with water reuse is the only way to avoid the further increase in the imbalance between limited supplies and rapidly growing demand, as well as the significant deterioration of the environment, extensive mining of groundwater reserves and increasing pollution.*

*Wastewater reuse practices are characterised by fast development and they are essentially associated with agricultural irrigation. Various technical solutions enable the existing reuse standards to be met, in particular the WHO guidelines for restricted and unrestricted irrigation. Extensive treatments are inexpensive, affordable and relatively easy to operate.*

*These technologies are especially well adapted to the climate conditions of tropical and subtropical regions. Intensive space saving technologies are well developed, providing a good water quality for better environment at protection and other reuse applications in urban areas. For such countries where fresh water reserves are currently or will be in the near future, close to the*

prochainement à la limite du niveau de survie, le recyclage des eaux usées est la seule alternative significative peu coûteuse permettant des réutilisations agricoles, industrielles et urbaines ne nécessitant pas une eau de qualité potable. Seul doit être considéré le coût marginal de recyclage des eaux usées (traitement supplémentaire, stockage et distribution), à l'exclusion du coût de la collecte et du traitement des eaux usées. Ainsi, le coût supplémentaire pour la réutilisation d'eaux usées à des fins d'irrigation, par exemple, ne représente qu'une faible partie - environ 30 % - du coût total du traitement et du rejet des eaux usées. Sur la base des exigences contraignantes de l'irrigation des espaces verts ou autres usages urbains et industriels, le coût de l'eau recyclée pourrait atteindre 100 % du coût d'un traitement secondaire classique. Néanmoins, il reste toujours bien inférieur aux autres solutions alternatives telles le dessalement ou l'importation d'eau douce des zones voisines. Les multiples autres avantages de la réutilisation et du recyclage des eaux usées sont reconus par de nombreux pays et sont inscrits dans leurs schémas directeurs de l'eau et dans leur politique nationale. ■

*survival level, recycled wastewater is the only significant low cost alternative resource for agricultural, industrial and urban non-potable purposes. Only the marginal cost of wastewater reclamation (additional treatment, storage and distribution) must be considered, excluding the cost of wastewater collection and treatment. Thus, the additional cost for wastewater reuse, for irrigation for example, represents only a small fraction—about 30% of the total cost for wastewater treatment and disposal. On the basis of stringent requirements for unrestricted landscape irrigation or other urban and industrial uses, reclaimed water costs could represent to 100% of the cost of the conventional secondary treatment. However, the cost of reclaimed water remains significantly cheaper compared with other alternative solutions such as desalination and water transport or importation from neighbouring countries. The numerous advantages and benefits of wastewater reuse and recycling have been recognised by a number of countries under water stress and are included in their master plans for enhanced water management. ■*

## References

- Abdulrazzak M.J. (1995) Water supplies versus demand in countries of Arabian Peninsula. *J. Water Resource Planning and Management*, 121, (3), 227-234.
- Abdulrazzak M.J. and Khan M.Z.A. (1990) Domestic Water Conservation Potential in Saudi Arabia. *Environm. Management*, 14, (2), 167-178.
- Ahmad S. (1988) Developing an oasis in arid region through water reuse. *IE (I) Journal-EN*, 68, 50-54.
- Al-Aama M.S. and Nakhla G.F. (1995) Wastewater reuse in Jubail, Saudi Arabia. *Wat. Res.* 29, (6) 1579-1584.
- Arlosoroff S. (1996) Promoting water resource management in the Middle East. *Int. Water Irrigation Review*, 6-16.
- Aussolot M. (1983) La réutilisation des eaux usées comme élément de planification des eaux - La technique de l'eau et de l'assainissement, 438/439, 23-31.
- Bahri, A. and Brissaud, F. (1995) Wastewater reuse in Tunisia: assessing a national policy. *Wat. Sci. Tech.*, 33, (10-11), 87-94.
- Balinwa J.S. (1995) The Lake Victoria Environment: its fisheries and wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 3, 209-224.
- Brissaud F. and Salgot M. (1994) Infiltration percolation as a tertiary treatment. *Colloque Sci. Tech. Int. "Mieux gérer l'Eau"*, Marseille, France, 2, 391-398.
- Denry P. (1997) Implementation of constructed wetlands in developing countries. *Wat. Sci. Tech.*, 35, 5, 27-34.
- El Hamouri B., Handouf A., Mokrane M., Touzani M., Khana A., Khalilayoune K. and Banchookroun T. (1996) Use of wastewater for crop production under arid and saline conditions: yield and hygienic quality of the crop and soil contamination. *Wat. Sci. Tech.*, 33, 10-11, 327-334.
- Falkenmark M. and Widstrand C. (1992) Population and water resources: a delicate balance. *Population Bulletin*, Population Reference Bureau.
- Gharabi, A., Ferchichi, M., Drakides, M. (1993) Treatment of wastewater by stabilization ponds application to Tunisian conditions. *Wat. Sci. Tech.*, 28, 10, 193-199.
- Grau P. (1996) Low cost wastewater treatment. *Wat. Sci. Tech.*, 33, 8, 39-46.
- Grimason A.M., Smith H.V., Young G. and Thitai W.N. (1996) Occurrence and removal of *Ascaris* sp. ova by waste stabilisation ponds in Kenya. *Wat. Sci. Tech.*, 33, 7, 75-82.
- Jagals P. and Lues J.F.R. (1996) The efficiency of a combined waste stabilization pond/maturation pond system to sanitise waste water intended for recreational reuse. *Wat. Sci. Tech.*, 33, 7, 117-124.
- Janex M.L., Xu P., Savoye P., Lainé J.M., Lazarova V. (1999) Ozonation as a Wastewater Disinfection Process to meet Reuse Regulations. *Proc. International Ozone Association Conference*, Dearborn, 22-26 August 1999, 81-91.
- Jankel E. and Williamson H. (1996) Institutional development in the water and wastewater sector: the Alexandria, Egypt experience. *Wat. Sci. Tech.*, 34, 12, 141-146.
- Johansson P., Perrirup M. and Rångeby M. (1996) Low-cost upgrading of an over-sized wastewater stabilisation pond system in Mindelo, Cape Verde. *Wat. Sci. Tech.*, 33, 7, 99-106.
- Haarhoff J. and der Merwe B.V. (1996) Twenty-five years of wastewater reclamation in Windhoek, Namibia. *Wat. Sci. Tech.*, 33, 10-11, 25-35.
- Kadlec R.H. (1995) Overview: surface flow constructed wetlands. *Wat. Sci. Tech.*, 32, 3, 1-12.
- Kanarek A. and Michail M. (1996) Groundwater recharge with municipal effluent: Dan region reclamation project, Israel. *Wat. Sci. Tech.*, 34, 11, 227-233.
- Kotlik L. and J.C. Miller (1999) Reuso de aguas residuales en Mendoza. *Proc. IAWQ/IWSA Seminar "Reuse of treated liquid sewage effluents"*, Sept. 17th 1999, Buenos Aires, 15 pp.
- Lazarova V., Janex M.L., Manem J. and Lainé J.M. (1997) Wastewater reuse: technical-economic evaluation of disinfection processes. *Proc. Conf. "Beneficial Reuse of Water and Solids"*, Marbella, Malaga, Spain, April 6-9th, 1997.
- Lazarova V., Levine B. and Renaud P. (1998) Wastewater reclamation in Africa: assessment of the reuse applications and available technologies. *Proc. IXème Congrès de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau*, Casablanca, 16-20 February, 16p.
- Liagostera J. and Prat P.S. (1997) Potential for wastewater reclamation and reuse in Spanish Mediterranean catchments. *Proc. Conf. Beneficial Reuse of Water and Solids*, Marbella, Spain, April, 1997, 1/17-1/28.
- Mayo A.W. (1996) BOD5 removal in facultative ponds: experience in Tanzania. *Wat. Sci. Tech.*, 34, 11, 107-117.
- Miller K. (1990) US water reuse: current status and future trends. *Wat. Env. Technology*, nov. 122-128.
- Ouazzani N., Boussehraj K. and Abbas Y. (1996) Reuse of wastewater treated by infiltration percolation. *Wat. Sci. Tech.*, 33, 10-11, 401-408.
- Pearson H.W., Avery S.T., Mills S.W., Njaggah P. and Odiambo P. (1996) Performance of the phase II Dandora waste stabilisation ponds the largest in Africa: the case for anaerobic ponds. *Wat. Sci. Tech.*, 33, 7, 91-98.
- Rångeby M., Johanson P. and Perrirup M. (1996) Removal of faecal coliforms in wastewater stabilisation pond system in Mindelo, Cape Verde. *Wat. Sci. Tech.*, 34, 11, 149-157.
- Renaud P., Lazarova V., Levine B. and Manem J. (1997) Wastewater reuse. *International Report*, 21st World Congress, Madrid, Spain, 20-26 Sept 1997.
- Richard D., Crites R.W., Asano T. and Tchobanoglous G. (1993) A systematic approach to estimating wastewater reclamation costs in California. *Proc. WEF 66th annual conference*, Anaheim, California, 3-7 octobre, pp.235-246.
- Sheikh B., Rosenblum E., Kasower S. and Hartling E. (1998) Accounting for the benefits of water reuse. *AWWA/WEF Water Reuse Conf. Proc.*, 1-4 February, Lake Buena Vista, Florida, 211-221.
- Shelef G. Wastewater reclamation and water resources management. *Wat. Sci. Tech.*, 24, 9, 251-265 (1991).
- Shelef G. and Azov Y. (1996) The coming era of intensive wastewater reuse in the Mediterranean region. *Wat. Sci. Tech.*, 33, 10-11, 115-125.
- Shereif M.M., Easa M. El-S., El-Sahria M.I. and Mancy K.H. (1995) A demonstration of wastewater treatment for reuse applications in fish production and irrigation in Suez, Egypt. *Wat. Sci. Tech.*, 32, 11, 137-144.
- Shuiyal H. (1994) The role of wastewater recycling and reuse in water resource management under conditions of scarcity. *Proc. 8th IWRA World Congress on Water Resources: Satisfying future and global water demands*, (T2-S1) 6.1-6.19.
- Williams J., Bahgat M., May E., Ford M. and Butler J. (1995) Mineralisation and pathogen removal in gravel bed hydroponic constructed wetlands for wastewater treatment. *Wat. Sci. Tech.*, 32, 3, 49-58.
- Wood A. (1995) Constructed wetlands in water pollution control: fundamentals to their understanding. *Wat. Sci. Tech.*, 32, 3, 21-29.
- World Resources Institute. (1996) *World Resources: a guide to the global environment 1996-97* Oxford University Press.

# Traitement de boues de stations d'épuration par lits de séchage plantés de végétaux <sup>(1)</sup>

# Treatment of sewage plant sludge in planted drying beds <sup>(1)</sup>

Jean-Pierre Légeron,  
Président Directeur Général  
d'IREPOLIA

Les techniques de séparation et les procédés de traitement biologique mis en oeuvre sont des systèmes qui produisent des boues dont il convient de prendre en compte le devenir. Malgré toute leur variété, deux mêmes finalités sont généralement recherchées : diminuer les nuisances induites dont les odeurs, et réduire fortement leur volume en diminuant leur teneur en eau.

Parmi les techniques de traitement des boues, les lits de séchage ont fait l'objet d'applications plus ou moins bien contrôlées depuis de nombreuses années. Archaiques à l'origine, ils s'apparentaient alors à de simples épandages sur de grandes surfaces. Plus récemment, leurs performances ont été améliorées grâce à l'élaboration de lits filtrants, ce qui a permis d'en augmenter la charge superficielle.

Afin de promouvoir leur efficacité tout en prenant en compte les contraintes environnementales, plusieurs procédés utilisant des végétaux ont été mis au point. Phalirep fait partie des derniers développements ; mis au point par l'Institut IREPOLIA, son descriptif et les premiers résultats sont présentés ci-après.

The separation techniques and biological treatment processes employed in sewage plants all produce sludge and ways have to be found to deal with it. Despite the various types of sludge, there are usually two common aims: to reduce the associated nuisance levels, including odours, and to greatly reduce the volume by reducing the water content.

Among the different sludge treatment techniques, drying beds have for very many years been used in a variety of more or less well controlled applications. They were originally quite antiquated and were roughly equivalent to spreading over large areas. More recently, however, their performance has been much improved by the development of filter beds, allowing an increase in the surface load.

To improve their effectiveness while taking into account the environmental constraints, several processes incorporating the use of plants have been developed. Phalirep, developed by the Institut IREPOLIA, is one of the latest. A description of this procedure and the first results are presented below.

<sup>(1)</sup> Conférence présentée le 25 septembre 1998 aux Journées Information Eau de Poitiers.

<sup>(1)</sup> Presentation made on 25 September 1998 at the conference "Journées Informations Eau de Poitiers".



L'aire de séchage se compose le plus souvent d'une couche supérieure de sable (calibre 0,5 à 1,5 mm) dont l'épaisseur est de 10 cm, d'une couche intermédiaire de 15 à 20 cm de graviers fins (calibre 5 à 20 mm) et d'une couche inférieure de 20 à 30 cm de gros graviers (calibre 12 à 40 mm). Ces matériaux reposent sur un sol imperméabilisé et soigneusement nivelé. Des drains sont disposés en partie inférieure, pour assurer l'évacuation des eaux. Des membranes géotextiles permettent de séparer les matériaux de fine granulométrie et d'éviter leur entraînement.

### Les lits de séchage

Afin de faciliter l'évacuation des boues déshydratées, chaque lit est accessible aux engins de manutention et de transport.

Présentant une forte emprise au sol (20 m<sup>2</sup> environ pour 100 eq. hab.), les lits de séchage sont envisagés surtout pour les petites collectivités (moins de 2000 eq.hab.).

En aération prolongée, il est courant de trouver plusieurs lits de séchage, de façon à d'une part satisfaire aux évacuations ponctuelles des purges de boues et d'autre part, obtenir des siccités élevées.

Dans ce cas, la surface d'un seul lit est de 2,5 m<sup>2</sup> pour 100 habitants raccordés, pour une couche de 30 cm de boues liquides épandues.

Le traitement des boues sur un lit de séchage comporte principalement deux phases :

- le drainage, qui permet le ressuyage de l'eau interstitielle. Cette phase rapide évacue jusqu'à 80 % de l'eau contenue dans les boues.
- le séchage atmosphérique : l'évaporation est l'évapotranspiration permettent d'atteindre des siccités élevées dans les conditions climatiques favorables.

Après trois semaines de déshydratation, la siccité peut atteindre 30 % et en cas d'ensoleillement optimal, 40 à 60 %. Quant aux parasites contenus dans les boues, ils ne sont pas ou peu éliminés.

D'une grande simplicité, l'exploitation demande néanmoins une sérieuse maintenance : reprise des boues séchées, rechargement en sable (afin de compenser les pertes), remise en état du lit...

Le séchage des boues sur des lits a longtemps été la technique la plus utilisée, et des améliorations des rendements ont été obtenues par addition de polyélectrolytes. La nécessité des grandes surfaces de terrain, l'importance des dépenses de main d'œuvre, et l'influence prépondérante des conditions climatiques sont autant de contraintes qui ont limité le développement de cette technique qui doit par ailleurs s'inscrire dans des exigences environnementales plus sévères.

### L'utilisation des macrophytes

Qu'il s'agisse de participer à l'épuration des eaux usées, ou plus récemment au traitement des boues, les cultures fixées de plantes exigent une alternance de phases d'alimentation et de phases de repos. De tels cycles en présence de macrophytes permettent :

- la bonne répartition des boues liquides sur les lits de séchage,
- la stimulation des échanges gazeux avec l'air entre deux apports,
- l'oxygénation des couches profondes par les plantes au niveau de leur enracinement,

In most cases the drying area comprises a 10-cm-thick upper layer of sand (calibre 0.5 to 1.5 mm), a 15- to 20-cm intermediate layer of fine gravel (calibre 5 to 20 mm) and a 20- to 30-cm lower layer of coarse gravel (calibre 12 to 40 mm). These materials are laid on a carefully levelled impervious floor. Drains are provided in the lower part to evacuate the water. Geotextile membranes allow the separation of fine particles and prevent them being carried away.

To facilitate removal of the dewatered sludge, each bed can be accessed by handling and transport vehicles.

### Drying beds

Drying beds take up a considerable surface area (approximately 20 m<sup>2</sup> for an inhabitant equivalent of 100), and are normally considered suitable for small communities (inhabitant equivalent of less than 2,000).

In extended aeration, it is common practice to use several drying beds. This allows sludge to be periodically removed and high dry solids levels to be attained. In such cases the surface area of a single bed is 2.5 m<sup>2</sup> for a connected population of 100, with a 30-cm layer of liquid sludge.

Sludge treatment in a drying bed consists of two main phases:

- drainage, which eliminates interstitial water. This rapid phase eliminates up to 80% of the water contained in the sludge;
- atmospheric drying: evaporation is through evapotranspiration, allowing high levels of dryness to be achieved under favourable climatic conditions.

After three weeks' dewatering, the level of dry solids can reach 30% or even in the event of optimum sunshine 40 to 60%. Few or none of the parasites contained in the sludge are eliminated.

While the process is extremely simple to operate, it nevertheless requires considerable maintenance: removal of dewatered sludge, restocking with sand (to make up for the amount lost), upkeep of the bed, etc.

Sludge dewatering in drying beds has long been the most commonly used technique, and greater efficiency has been achieved through the addition of polyelectrolytes. The need for large surface areas, the high labour costs involved and the predominant influence of climatic conditions are all constraints that have limited the development of this technique, which is also having to meet more stringent environmental requirements.

### The use of macrophytes

Whether attached plants are used in wastewater treatment or, as more recently, in the treatment of sludge, they require alternating "feed-sleep" cycles. In the presence of macrophytes, such cycles help to:

- distribute liquid sludge evenly over the drying beds,
- stimulate the gas-air exchange between two intakes,
- oxygenate the deeper layers through the roots of the plants,
- control suspended solids and the organic load of the drying beds.

Such systems impose a modular technology for the stations as well

- le contrôle des matières en suspension et de la charge organique des lits de séchage.

De tels systèmes imposent une technologie modulaire pour les ouvrages ainsi que le stockage temporaire des boues avant leur épandage à fort débit pendant un temps court.

Plusieurs espèces végétales sont couramment utilisées; sans que leur énumération soit exhaustive, il convient de noter les macrophytes suivants :

- les scirpes : poussant dans des milieux peu profonds, ils résistent mal aux fortes charges organiques. La SEIDEL a mis au point un tel procédé dans des lagunes de finition pour épurer des effluents.

- les typhas : contrairement aux précédents, ces végétaux supportent des solutions contenant un taux élevé de matières organiques, pour autant que la hauteur de la phase liquide ne soit pas trop importante. Le procédé Vegerep® du Groupe SOAF met à contribution cette espèce végétale dans les lits de séchage de boues.

- les phragmites : appelés plus communément roseaux; très résistants, ils préfèrent aussi des faibles hauteurs d'immersion pour atteindre une bonne densité est une croissance satisfaisante. La Société SAUR les utilise dans son procédé Rhizophyte® développé conjointement avec le CEMAGREF.

Les lits de séchage utilisant des macrophytes permettent d'améliorer très sensiblement le traitement des boues : drainage accéléré des fractions liquides, réduction de la quantité des percolats tout en améliorant sa qualité, minéralisation plus rapide des boues, diminution des nuisances olfactives...

Cependant, il convient de soigner leur exploitation si des résultats durables doivent être garantis; la qualité des boues épandues, le respect des cycles de repos, la prise en compte des facteurs météorologiques, le faucardage des parties aériennes flétries en hiver, parfois le traitement phytosanitaire en période de croissance, sont autant de contraintes entre des curages qui ont lieu tous les deux à cinq ans selon les sites.

### Le procédé Phalirep

Utilisant le principe des lits de séchage en présence de macrophytes, ce procédé récemment développé par l'Institut IREPOLIA présente plusieurs originalités :

- le choix d'une espèce végétale, *Phalaris arundinacea*,
- l'apport d'un composant à action combinée, le Lisamet®
- l'utilisation de l'élimination naturelle des végétaux en fin de vie.



**Figure 1 : Développement de *Phalaris arundinacea* sur un lit de séchage de boues domestiques.**

**Figure 1: Development of *Phalaris arundinacea* in a domestic sludge drying bed.**

as the temporary stocking of sludge before high throughput spreading over a short period.

Several plant species are currently employed. The following list, while not exhaustive, includes some of the most commonly used macrophytes:

- bulrushes: these grow in shallow environments and are poorly resistant to heavy organic loads. SEIDEL have developed such a system to clean effluent in polishing lagoons.

- typha species: in contrast to the previous species, typha can withstand solutions containing a high level of organic material, as long as the depth during the liquid phase is not too great.

SOAF Group's Vegerep® process uses this plant species in its sludge-drying beds.

- phragmite species: more commonly known as reeds, they are highly resistant but also prefer low levels of immersion to achieve a good density and a satisfactory level of growth. SAUR use them in their Rhizophyte® process developed jointly with CEMAGREF.

Drying beds that use macrophytes obtain a marked improvement in sludge treatment: faster drainage of the liquid fractions, reduced quantity and improved quality of percolates, faster mineralization of the sludge, reduction in nuisance odours, etc.

Care must however be taken in the way they are used if lasting results are to be guaranteed. The quality of the sludge spread, adhering to the sleep cycles, taking meteorological factors into account, cutting back withered aerial growth in winter and occasional phytosanitary treatment during the growing period are among the constraints in the period between cleaning, which takes place every two to five years depending on the site.

### The phalirep process

This process, recently developed by the IREPOLIA Institute, is based on the principle of drying beds equipped with macrophytes and presents several original features:

- the choice of plant species, *Phalaris arundinacea*,

Conçus selon les critères traditionnels, les lits de séchage sont plantés dès leur mise en service par des pieds de Phalaris à raison de quatre à cinq unités par m<sup>2</sup>.

Cette plante qui fait partie de la famille des graminées développe un enracinement de type rhizomal; parmi les propriétés reconnues de Phalaris, il convient de

noter ses actions drainante et oxygénante ainsi que son pouvoir d'absorption et d'épuration de l'eau. Supportant de fortes charges organiques, Phalaris atteint son développement optimal rapidement : deux ans environ. Son système foliaire abondant comme le montre la figure 1, favorise l'évaporation de l'eau tandis que ses rhizomes rampants permettent la colonisation de toute la surface des lits de séchage par de nouvelles pousses. Son feuillage décoratif se renouvelle naturellement chaque année.

Les feuilles mortes pendant l'hiver (figure 2) s'intègrent progressivement dans les boues, ce qui évite toute contrainte de faucardage et d'élimination extérieure. Leur forme effilée et leur densité constituent un réseau filtrant dans les boues, ce qui favorise le drainage de l'eau, la fixation bactérienne et l'oxygénation au sein du support. Le foisonnement de Phalaris sur les lits de séchage impose l'épandage de boues très liquides qui peuvent provenir directement des bassins à boues activées.

Une faible immersion étant préférable pour cette espèce végétale, des cycles d'épandage bimensuels sont recommandés. Il est donc souhaitable de disposer de plusieurs lits de séchage si l'on veut maintenir un taux de matières en suspension relativement constant dans le bassin biologique d'épuration; le soutirage des boues liquides s'effectue alors chaque semaine avec un faible volume et en alternant les zones d'épandage. Cette pratique est bénéfique pour les plantes, tout particulièrement en période de sécheresse.

La figure 3 représente le schéma préférentiel d'une station d'épuration d'effluents incorporant des lits de séchage de type Phalirep. Particulièrement adapté pour les



Figure 2 : Aperçu de Phalaris aruncinacea sur un lit de séchage de boues en période hivernale.

Figure 2: Phalaris aruncinacea in a sludge drying bed in winter.

This plant, which is a member of the Gramineaceae family, puts down a rhizomal root pattern. Notable among the acknowledged properties of Phalaris are its draining and oxygenating actions and its capacity for absorbing and cleaning water. Phalaris is resistant to heavy organic loads and reaches its optimal development after about two years. Its abundant foliage, as seen in figure 1, encourages the evaporation of water, while its spreading rhizomes allow new shoots to colonise the entire surface of the drying beds. Its decorative foliage grows back naturally each year.

The leaves that have died off in winter (figure 2) are gradually assimilated by the sludge, thus avoiding any need for cutting and removal. Their long thin shape and high density form a filtering network in the sludge, promoting drainage of the water, bacterial fixation and oxygenation within the carrier. The proliferation of Phalaris on the drying beds means the use of very liquid sludge, which can thus be used straight from the activated sludge basins.

Shallow immersion is preferable for this plant species and twice

monthly spreading cycles are recommended. It is therefore advisable to use several drying beds if a relatively constant level of suspended solids is to be maintained in the biological purification tank. Small volumes of liquid sludge can then be drawn off each week, alternating the zones where spreading takes place. This practice is beneficial for the plants, especially in periods of dry weather.

Figure 3 represents the preferred layout for a sewage treatment works incorporating Phalirep type drying beds. Particularly suitable for small communities and industries with biodegra-

**Table 1: A comparison of the analytical characteristics of samples of sludge and drying bed percolates**

Analyses	sludge	drying bed percolates
Ph		7.4
Redox potential		445
Conductivity		589
Suspended matter		20
MS	10900	-
MV	5060	-
COD		75
BOD <sub>5</sub>		< 10
Total P	126.0	8.7
NTK	9400	23.7
Nitrates		31.4
Aluminium	89.60	1.02
Cadmium	0.04	< 0.02
Copper	2.44	< 0.05
Lead	0.78	< 0.20
Zinc	14.80	0.28

petites collectivités et les industries ayant des rejets biodégradables comme dans le secteur agro-alimentaire, ce procédé nécessite des surfaces de 0,20 à 0,30 m<sup>2</sup> par équivalent habitant. Quant à l'extraction des boues séchées dans les lits, elle s'effectue tous les 3 ans à 5 ans; un repiquage de nouveaux plants de Phalaris est alors nécessaire si la hauteur enlevée de boues est supérieure à 20 cm, la plupart des rhizomes ayant été aussi éliminés.

Une autre originalité du procédé Phalirep réside dans l'utilisation d'un composant à double action, le Lisanel®; ce produit qui se présente sous forme de poudre est épandu avec les boues à raison d'1 kg/m<sup>2</sup>. Il présente une action désodorisante progressive qui est d'autant plus utile lorsque les boues biologiques sont très organiques et de ce fait fermentescibles. Favorisant l'activité bactérienne, il complète l'oxygénation apportée par Phalaris. Riche en oligo-éléments, le Lisanel® apporte aussi du calcium et du magnésium, ce qui en fait un composant fertilisant intéressant; non seulement il stimule l'activité et la résistance de Phalaris, mais il valorise l'utilisation agricole des boues stabilisées après curage des lits de séchage.

Procédé utilisant des plantes et un produit d'origine naturelle, Phalirep respecte la filière biologique. Les premiers résultats sont encourageants, et quelques caractéristiques analytiques sont présentées ci-après.

### Les résultats expérimentaux

Il est difficile de tirer des conclusions sur l'efficacité des lits de séchage en l'absence de toute étude statistique. En effet de nombreux paramètres sont variables et leurs valeurs imposées ont souvent un caractère aléatoire.

La nature et l'hétérogénéité des boues épandues, la régularité apparente de la distribution des boues sur les lits de séchage, les variations climatiques; ce sont autant de facteurs qu'il convient de ne pas négliger.

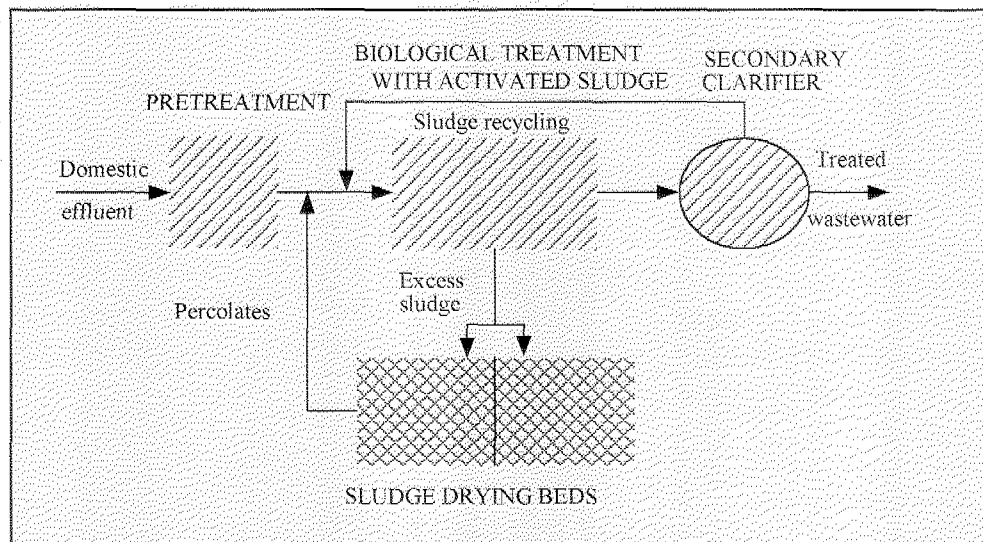


Figure 3 : Schéma d'une station de traitement d'effluents domestiques avec lits de séchage plantés de végétaux.

Figure 3: Diagram of a domestic effluent treatment plant with planted drying beds.

dable discharges, as in the agri-food sector; this process requires an area of 0.20 to 0.30 m<sup>2</sup> per habitant equivalent. Dried sludge is extracted from the beds every 3 to 5 years. Phalaris will then have to be replanted if the sludge extracted exceeds a depth of 20 cm, since most of the rhizomes will also have been removed.

Another particularity of the Phalirep process is the use of a double action component, Lisanel®. This product, in the form of a powder, is spread along with the sludge at the rate of 1 kg/m<sup>2</sup>. It has a progressive, deodorising action which is especially useful in cases where the biological sludge is highly organic and therefore fermentable. It promotes bacterial activity and thus complements the oxygenation provided by Phalaris. Lisanel®, which is rich in trace elements, also provides calcium and magnesium, making it a useful

fertiliser. Not only does it stimulate the activity and resistance of Phalaris, but it enhances the agricultural use of stabilised sludge after the drying beds have been cleaned.

As a process using plants and a product of natural origin, Phalirep respects the biological system. The preliminary results are encouraging, and several analytical characteristics are presented below.

### Experimental results

In the absence of any statistical studies it is difficult to draw conclusions as to the efficiency of drying beds. Many of the parameters are highly variable and may include a substantial random element.

The nature and heterogeneity

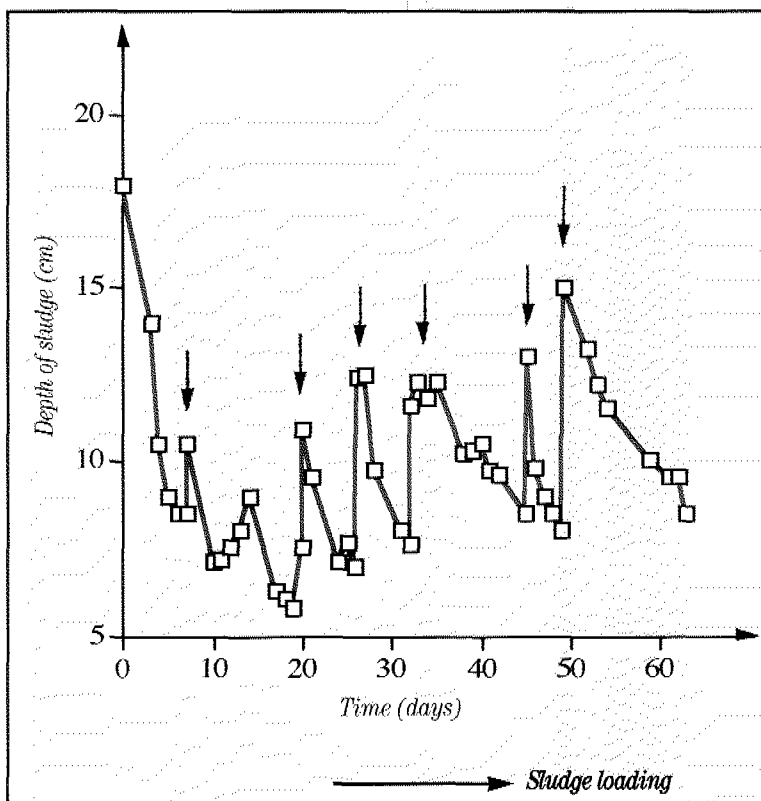


Figure 4 : Évolution de la hauteur des boues en fonction des épandages et du temps, à la mise en service du lit de séchage.

Figure 4: Changes in the depth of sludge as a function both loading and time, from commissioning of the drying bed.



La figure 4 montre la cinétique de la hauteur des boues en fonction du temps et des apports pour un lit de séchage utilisant le procédé Phalirep lorsque celui-ci est mis en service. La concentration en matières sèches (MS) est volontairement élevée lors des premiers épandages (10,9 à 50,6 g/l) et leur taux de matières organiques varie de 42,6 à 51,8 %. Si la hauteur de boues est augmentée de 5 à 8 cm lors de chaque apport, une semaine est nécessaire pour la réduire de 70 % environ. Une apparente stabilisation du niveau des boues séchées apparaît après un mois et demi, période au-delà de laquelle des boues plus liquides ont été épandues (3,4 à 4,8 g/l MS); le drainage s'avère alors particulièrement efficace puisque 90 % du volume épandu est récupéré dans les percolats après une heure, le lit de séchage ayant été mis en service trois mois et demi plus tôt.

Une comparaison des caractéristiques analytiques des boues lors d'un épandage ultérieur et des percolats correspondants, est donnée dans le tableau 1. Ces valeurs moyennes montrent que malgré une charge importante, le lit de séchage retient une forte proportion des polluants, qu'ils soient minéraux ou organiques : dans les percolats, le taux de matières en suspension est faible (20 mg/l) et les matières carbonées résiduelles ne représentent que des matières organiques peu ou pas biodégradables.

Les rendements d'élimination du phosphore et de l'azote sont élevés; ils atteignent respectivement 93,1 % et 99,75 %. Cependant, les valeurs encore importantes de la DCO (75 mg/l) et de l'azote (23,7 mg/l NTK et 31,4 mg/l nitrates) justifient un retour des percolats en tête de station d'épuration.

Enfin, les mesures effectuées sur les métaux lourds indiquent une rétention dans les boues, pratiquement totale pour le cadmium, le cuivre et le plomb, de 98,9 % pour l'aluminium et de 98,1 % pour le zinc.

Les lits de séchage permettent non seulement d'augmenter fortement la siccité des boues mais aussi de retenir une part importante de la pollution. Le tableau 2 donne quelques indications sur sa répartition. S'il est logique de constater une plus forte siccité de boues séchées situées en profondeur par rapport à celles près de la surface (44,5 % au lieu de 34,2 %), on constate aussi que tous les autres paramètres (azote, phosphore, potassium et métaux lourds) ont des valeurs plus faibles au fond du lit de séchage; ceci peut être expliqué par la conjonction de trois phénomènes différents : la lixiviation par des eaux plus acides et en plus grande quantité, la dégradation plus intense par la flore bactérienne et le captage par les macrophytes.

Des analyses effectuées sur un échantillon de feuilles de *Phalaris* en fin de cycle végétatif, montrent que :

- les principaux métaux lourds sont peu retenus : seul le cadmium atteint une valeur qui peut être supérieure à celle des boues liquides, tout en restant à une concentration de 10 à 20 fois inférieure à celle des boues séchées. Le zinc est partiellement retenu dans la partie aérienne des plantes.
- les éléments fertilisants majeurs (N, P, K) sont fortement concentrés : 27 fois plus d'azote, 89 fois plus de phosphore et 25 fois plus de potassium que dans un échantillon de boues activées. Les concentrations mesurées demeurent toutefois inférieures (bien que proches

of the sludge that is spread, the regular distribution of sludge over the drying beds and variations in climate are all factors to be borne in mind.

Figure 4 shows the kinetics of the depth of sludge as a function of both time and loading, for a drying bed using the Phalirep process which has just started to operate. The concentration of dry matter is intentionally high during the initial intakes (10.9 to 50.6 g/l) and the level of organic matter varies from 42.6 to 51.8%. If the depth of sludge is increased by 5 to 8 cm at each new intake, it takes a week to reduce it by around 70%. An apparent stabilisation in the level of the dried sludge occurs after one and a half months, a period after which more liquid sludge is added (3.4 to 4.8 g/l dry matter). Drainage then proves to be particularly effective since 90% of the volume of sludge added is recovered in the percolates within an hour, the drying bed having been brought into service three and a half months earlier.

A comparison of the analytical characteristics of the sludge at a subsequent loading and of the corresponding percolates is given in Table 1. These mean values show that in spite of a heavy load the drying bed retains a high percentage of pollutants, whether mineral or organic: in the percolates, the level of suspended solids is low (20 mg/l) and the residual carbonaceous matter represents only organic matter that is either not biodegradable or only slightly so.

The efficiency with which phosphorus and nitrogen is removed is high, reaching 93.1% and 99.75%, respectively. However, the still high values for COD (75 mg/l) and nitrogen (23.7 mg/l NTK and 31.4 mg/l nitrates) justify the percolates being returned to the treatment plant inlet.

Lastly, the measurements carried out on heavy metals indicate retention in the sludge, which is virtually total for cadmium, copper and lead, 98.9% for aluminium and 98.1% for zinc.

Drying beds not only allow the solids concentration in the sludge to be greatly increased but also a major part of the pollution to be retained. Table 2 give an indication of the distribution of pollutants. While it seems logical to find a higher solids content in the dewatered sludge at the bottom of the bed than near the surface (44.5% compared to 34.2%), it will also be seen that all the parameters (nitrogen, phosphorus, potassium and heavy metals) have lower values at the bottom of the drying bed. This can be explained by the conjunction of three different phenomena: leaching by a greater quantity of more highly acidic water, more intense degradation by the bacterial flora and capture by macrophytes.

Analyses carried out on a sample of *Phalaris* leaves at the end of the vegetative cycle show that:

- the main heavy metals are only poorly absorbed: cadmium alone reaches a value that can exceed that of liquid sludge, while remaining at a concentration that is 10 to 20 times lower than that of dried sludge. Zinc is partially retained in the aerial plant growth.
- the major fertilising elements (N, P, K) are heavily concentrated: 27 times more nitrogen, 89 times more phosphorus and 25 times more potassium than in a sample of activated sludge. The measured concentrations are nevertheless lower (though only slightly so

**Table 2: Comparison of analytical characteristics of sludge samples and Phalaris leaves**

Analyses	Samples	Sludge from drying bed		phalaris leaves
		surface	bottom	
Dry matter (%)		34.2	41.5	
Total Kjeldahl nitrogen (mg/kg N)		14 210.0	17 900.0	12 400.0
Total phosphorus (mg/kg P)		13 800.0	14 970.0	1 900.0
Potassium (mg/kg K)		2 980.0	3 340.0	2 500.0
Aluminium (mg/kg Al)		22 650.0	23 800.0	0.0095
Cadmium (mg/kg Cd)		4.200	2.000	0.294
Copper (mg/kg Cu)		482.00	271.00	0.0016
Lead (mg/kg Pb)		17.00	67.90	0.0011
Zinc (mg/kg Zn)		220.0	618.0	0.2795

\* results expressed in mg/l

pour l'azote et le potassium) à celles des boues séchées du lit.

Si les boues fraîches ne sont pas dénuées de nuisances olfactives, il est intéressant de constater que le lit de séchage utilisant le procédé Phalirep ne dégage pratiquement pas d'odeurs; aucune valeur significative en particulier d' $H_2S$  et de  $NH_3$  n'a pu être mesurée, leurs concentrations étant inférieures aux seuils de détection analytique.

Ceci représente un avantage du procédé par rapport aux lits de séchage traditionnels.

Bien que de conception récente, et de ce fait avec des données limitées à quelques années de mise en œuvre, le procédé Phalirep d'IREPOLIA constitue une innovation dont les résultats pratiques sont prometteurs.

Couplant l'utilisation d'une plante, *Phalaris arundinacea*, à un produit organominéral naturel, le Lisanet®, cette technologie permet d'atteindre les objectifs suivants pour des lits de séchage de boues :

- siccité des boues séchées supérieure à 30 % et de ce fait, diminution importante de leur volume, dans les conditions climatologiques normales,
- forte réduction des odeurs nauséabondes, celles-ci n'étant plus perceptibles en dehors du périmètre de la station d'épuration,
- absence de conditionnement chimique des boues,
- aspect végétal des lits de séchage, avec une meilleure acceptation environnementale,
- diminution de la maintenance entraînant des frais minimes d'exploitation,
- augmentation de la valeur fertilisante des boues pour des valorisations agricoles,
- maîtrise des rejets azotés et phosphorés avec récupération des percolats,
- épuration plus importante de la matière carbonée des boues liquides, à la fois par les bactéries et les plantes,
- augmentation de la vitesse de déshydratation grâce aux réseaux de rhizomes et de feuilles flétries des plantes qui facilitent le drainage,
- diminution des volumes de percolats par l'évapo-transpiration de l'abondant feuillage de *Phalaris*,
- absence de contraintes de faucardage de la végétation.

Cependant, comme pour les autres technologies de lits de séchage avec macrophytes, il convient de respecter quelques principes importants :

- dimensionnement adapté des lits de séchage en fonction des boues à éliminer,
- exploitation et surveillance régulières pour un bon fonctionnement,
- absence de produits toxiques tant pour la flore bactérienne que pour les végétaux,
- respect de la réglementation pour l'épandage final en agriculture.

in the case of nitrogen and potassium) than those of sludge cake from the drying bed.

While raw sludge is not free of odour nuisance, it is interesting to note that a drying bed incorporating the Phalirep process is practically odour free. Thus, no significant values, in particular those of  $H_2S$  and  $NH_3$ , could be measured, their concentrations being below the analytical detection limit. This represents an advantage of the process over traditional drying beds.

Although of recent design, and consequently with data derived after only a few years in service, IREPOLIA's Phalirep is an innovative process whose practical results are promising.

Combining the use of a plant, *Phalaris arundinacea*, with a natural organomineral product, Lisanet®, this technology allows the following objectives to be attained for sludge drying beds:

- dry solids content of over 30% and, as a result, a considerable reduction in volume under normal climatic conditions,
- a big reduction in objectionable odours, which are no longer perceptible outside the treatment works,
- absence of chemical conditioning of the sludge,
- the planted appearance of the drying beds is more environmentally acceptable,
- reduced maintenance leading to minimal running costs,
- increase in the fertilising value of the sludge for re-use in agriculture,
- control of nitrogenated and phosphoric discharges with recovery of the percolates,
- more effective screening out of the carbonaceous material in the liquid sludge, both by bacteria and the plants,
- increase in the speed of dewatering through the network of plant rhizomes and withered leaves, facilitating drainage,
- reduction in the volume of percolates due to evapotranspiration from the abundant foliage produced by *Phalaris*,
- no need for cutting back the plant growth.

Nevertheless, as with other drying bed technologies employing macrophytes, several important principles must be followed:

- appropriate size of drying beds depending on the sludge to be treated,
- regular operation and surveillance for optimal functioning,
- absence of products that are toxic for the bacterial flora and plants,
- compliance with the regulations regarding eventual use in agri-

Naturel et d'une grande simplicité, le procédé Phalirep contribue à la prise en charge et à la maîtrise du traitement des boues de petites stations d'épuration situées en zone rurale. De ce fait, il est tout particulièrement adapté aux pays d'Europe du Sud ainsi qu'à ceux du bassin méditerranéen.

### Remerciements

IREPOLIA remercie les collaborateurs de la Société SOAF ENVIRONNEMENT ainsi que Monsieur Christian Grolier de la Société CPIA pour leur aimable concours dans le cadre de l'expérimentation conduite par l'Institut. ■

*cultural spreading.*

*Natural and of great simplicity, the Phalirep process contributes to the management and control of sludge treatment in small sewage works located in rural areas. As a result, it is particularly suited to the countries of southern Europe and the Mediterranean Basin.*

### Acknowledgements

*IREPOLIA wishes to thank the associates of the firm SOAF ENVIRONNEMENT and Mr Christian Grolier of the firm CPIA for their kind assistance within the framework of the experimentation conducted by the Institute. ■*

## References

- Armstrong J., Armstrong W., Beckett P.M., 1990. "Measurement and modelling of oxygen release from roots of phragmites australis". *Advances in Water Pollution Control*, Cooper and Findlater Ed., Pergamon Press, 41-51.
- Baptiste Ph., 1996. "Traitement des boues par le procédé Rhizophyte". *Environnement et Technique*, No. 157, 35-37.
- Berthet B., 1987. "Etude de la valeur agricole de boues résiduelles d'une station de traitement physico-chimique d'eaux usées". *T.S.M - L'EAU*, Avril, 173-181.
- Berthet B., Amiard J-C., Amiard-Triquet C., Maillet C., Métayer C., Le Bohec J., Letard M., Pelletier J., 1989. "Fate of metals linked with sewage sludges or municipal refuses used as improvements in market gardening". *Wat. Sci. Tech.*, 21, 1917-1920.
- Berther B., Amiard J-C., Amiard-Triquet C., Maillet C., Métayer C., 1984. "L'étude expérimentale de la relation entre la forme physico-chimique du zinc et sa disponibilité à l'égard de végétaux cultivés. Application à l'utilisation agricole de boues de stations d'épuration". *Plant and Soil*, 82, 231-246.
- Epstein E., 1975. "Effect of sewage sludge on some soil physical properties". *J. Envir. Qual.*, 4, No. 1, 139-142.
- Kirkham M., 1974. "Disposal of sludge on land: effect on soils, plants and ground water". *Compost Sci.*, March-April, 6-10.
- Lienard A., Duchene Ph., Gorini D., 1994. "A study of activated sludge dewatering in experimental reed-planted or unplanted drying beds". *4<sup>th</sup> Conf. Int. Wetland Systems for Water Pollution control*, 6-10 November, 5p.
- Lineres M., 1995. "Capacité d'acceptation des sols cultivés et des plantes. Eléments à prendre en compte pour concevoir et réaliser un plan d'épandage". *Doc. ENGREF-CEMAGREF Les boues de station d'épuration urbaines*, 217-239.
- Sachon G., Wiard J., Martel J.L., 1997. "Le plan d'épandage des boues d'épuration: une spécificité française". *T.S.M.*, No. 2, 43-51.
- VITRY G., 1991. "Boues d'épuration: fumure ou polluant". *Top Cultures*, No. 9, 16-19.

« the Best  
Chlorine »

# EUROCHLORE.SA

25, rue Circulaire - 78110 Le Vésinet - France - Tél. 33 (0)1 34 80 11 88 - Fax 33 (0)1 34 80 11 93

- Chlorine gas
- Chemical products for water treatment
- Chlorination equipment

- Safety equipment
- Chlorine engineering
- Filtering media

# Les ressources en eau et le développement au Maroc

## *Water resources and their development in Morocco*



*El Kbir Lhadi, Professeur à la  
Faculté des Sciences de  
l'Université Chouaib Doukkali  
- El Jadida - Maroc*

Un trait de génie. La politique des barrages, entamée de puis les années 60 par le Maroc, le fut incontestablement. La succession des années de sécheresse le prouve largement. Sans les retenues des barrages qui ont servi de tampon, les effets de la sécheresse et des stress hydriques auraient été autrement plus catastrophiques.

Face au contexte hydrologique du Maroc marqué par l'irrégularité, feu Sa Majesté Hassan II avait fixé, dès le début de son règne, les orientations pour qu'une priorité constante soit donnée aux programmes de développement des ressources en eau pour asseoir les bases de l'économie du pays.

Le Maroc a donc pris le pari de lier son développement économique et social à la maîtrise et la valorisation de l'eau. La tournure des événements, à l'orée d'un nouveau millénaire, donne amplement raison à cette politique.

L'engagement solennel de construire au moins un barrage par an, pris par le Défunt Roi, est encore de mise aujourd'hui.

*The policy of dam construction implemented by Morocco since the 1960s was a master stroke. The successive years of drought have provided ample proof. Without the retaining dams to serve as a buffer, the effects of the drought and water stress would have been even more disastrous.*

*Faced with the hydrological context of Morocco, characterised by the irregularity of the supply, the Late King Hassan II, right from the start of his reign, made policy decisions to ensure that water resource development programmes were given long-term priority so as to lay the foundations for the country's economy.*

*Morocco thus took up the challenge of linking its economic and social development to the control and development of water. The turn of events, at the dawn of a new millennium, has amply justified this policy.*

*The solemn undertaking given by the Late King to construct at least one dam a year continues to be upheld today.*



**L**es ressources hydriques dont dispose le Royaume sont limitées. En effet, en 1999 11,7 milliards de m<sup>3</sup> ont été mobilisés et les ressources mobilisables ne dépasseront pas 21 milliards de m<sup>3</sup>/an en 2020. Cela représente 462 m<sup>3</sup>/habitant/an actuellement et 411 m<sup>3</sup>/an/habitant en 2020. Cette dotation classe le Maroc parmi les pays caractérisés par la rareté de la ressource en eau et le situe dans la tranche critique (un chercheur suédois, Malin Falkenmark, a mesuré la soif des nations : au-dessous de 500 mètres cubes par personne et par an, on se situe dans la water stress zone) et cela rend très difficile tout développement économique.

### Mobilisation des ressources en eau

Les efforts déployés en matière d'étude et de réalisation d'infrastructures hydrauliques, depuis le lancement de la politique des barrages en 1967, ont permis de réaliser 87 grands barrages. La capacité de stockage de ces barrages, de 2,3 milliards de m<sup>3</sup> en 1967, a atteint environ 10 milliards de m<sup>3</sup> en 1996. Cette capacité sera portée à plus de 14 milliards de m<sup>3</sup> après la mise en service prochaine du barrage Al Wahda et du barrage Laghrass en cours de construction.

Globalement, les infrastructures hydrauliques du pays (non inclus le barrage Al Wahda dont les travaux de construction sont terminés) permettent de mobiliser un volume d'eau de l'ordre de 11,7 milliards de m<sup>3</sup>. Ce qui représente 55 % du potentiel mobilisable.

Les volumes mobilisés sont répartis de la manière suivante (1999) :

- grands barrages : 8 milliards de m<sup>3</sup> ;
- eau souterraine : 3,7 milliards de m<sup>3</sup>.

Ils permettent d'assurer :

- l'irrigation de près de 890 000 ha d'une manière pérenne dont 400 000 ha en petite et moyenne hydraulique ;

- la production de près de 800 Mm<sup>3</sup>/an pour l'alimentation en eau potable et industrielle ;
- la production en moyenne de 1 600 GWh/an.

Mais la grande perle de la politique des barrages reste l'achèvement du Barrage d'Al Wahda, le plus grand du Royaume. Mis

en service en 1996 sur l'Oued Ouergha (Sidi Kacem), la **La Stratégie pour le Développement Social (SDS), adoptée par le Gouvernement marocain pour la décennie quatre vingt dix, accorde une grande priorité à l'accès des populations rurales à l'eau potable.**



**T**he Kingdom has only limited water resources. In 1999, 11.7 billion m<sup>3</sup> were withdrawn, and utilisable resources will not exceed 21 billion m<sup>3</sup>/year in 2020. This represents 462 m<sup>3</sup>/inhabitant/year at present and 411 m<sup>3</sup>/year/inhabitant in 2020. This capacity classes Morocco among the countries with a scarcity of water resources and places the country in the critical range (a Swedish scientist, Malin Falkenmark, has calculated the level at which nations can be described as "thirsty", namely below 500 cubic metres per person per year, placing Morocco in the water stress zone), making any economic development difficult.

### Utilisation of water resources

The work carried out on water infrastructure planning and installations since the policy on dams was launched in 1967 has resulted in the construction of 87 major dams. The storage capacity of these dams, amounting to 2.3 billion m<sup>3</sup> in 1967, had reached approximately 10 billion m<sup>3</sup> by 1996. This capacity is set to rise to 14 billion m<sup>3</sup> once the Al Wahda dam and the Laghrass dam, which is currently under construction, are brought into service.

Overall, the country's existing water resource infrastructure (not including Al Wahda which has now been completed) allows a volume of about 11.7 billion m<sup>3</sup> of water to be exploited, representing 55% of the potential amount.

Exploitable water is obtained from the following sources (1999):

- major dams: 8 billion m<sup>3</sup>;
- groundwater: 3.7 billion m<sup>3</sup>.

This covers:

- irrigation of over 890,000 ha on a permanent basis, of which 400,000 ha involve small and medium-sized installations

- production of more than 800 million m<sup>3</sup>/year to supply drinking water and industrial water
- mean production of 1,600 GWh/year.

However, the crowning glory of the policy on dams remains the completion of the Al Wahda dam, the biggest in the Kingdom. The Strategy for Social Development (SDS, Stratégie pour le Développement Social) adopted by the Moroccan government for the 1990s makes access to drinking water a top priority for rural populations.

capacité de retenue de ce barrage est impressionnante : plus de 3,8 milliards de mètres cubes. La puissance installée de l'usine de production hydro-électrique de ce barrage (plus de 400 millions de kiloWatts/heure par an en moyenne) représente 25 % de la puissance totale du parc hydro-électrique.

A l'heure actuelle, la capacité de retenue totale des barrages marocains approche les 14 milliards de mètres cubes.

La capacité totale des infrastructures hydrauliques nationales fait l'objet de déperditions annuelles dues à l'envasement. Ces pertes de capacité sont estimées à 50 Mm<sup>3</sup>/an (quantité d'eau nécessaire pour irriguer 6000 ha), soit une diminution de capacité de 0,5 % par an. Le volume total actuellement envasé est évalué à près de 830 Mm<sup>3</sup>, ce qui représente près de 8 % de la capacité totale des barrages.

Les précipitations totales sur l'ensemble du territoire sont évaluées en années moyenne à environ 150 milliards de m<sup>3</sup>, dont 121 milliards représentent l'évapotranspiration et 29 milliards environ l'écoulement total superficiel et souterrain. Les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique national. Trente-deux nappes profondes et plus de quarante-six nappes superficielles sont identifiées et reconnues. L'effort d'étude et de reconnaissance entrepris à la date d'aujourd'hui permet d'évaluer le potentiel exploitable à 4 milliards de m<sup>3</sup> par an.

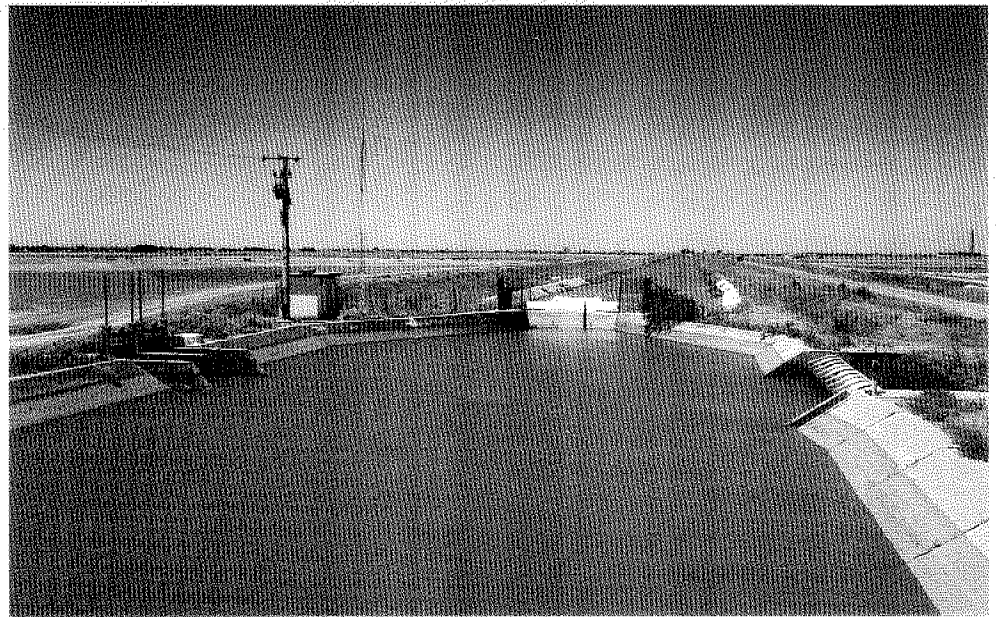
### Utilisation des ressources en eau

La pression de la population s'exerce de trois manières différentes. D'abord, il faut satisfaire la consommation en eau de ces populations. Ensuite, pour les nourrir, l'agriculture devra produire plus et recevoir davantage d'eau pour l'irrigation. Enfin, la pression des populations dans les zones urbaines et l'industrialisation engendrent une pollution qui altère les ressources en eau.

### Eau potable

Les efforts consentis dans le secteur de l'eau potable en milieu urbain ont permis, durant les deux dernières décennies, de rattraper le retard enregistré et d'assurer un développement considérable tant sur le plan organisationnel et institutionnel qu'au niveau des infrastructures, de la couverture et de la qualité du service.

Durant les deux dernières décennies



**A l'heure actuelle, la capacité de retenue totale des barrages marocains approche les 14 milliards de mètres cubes.**

**The total storage capacity of Moroccan dams is currently nearly 14 billion cubic metres.**

*dam, which was brought into service in 1996 in Oued Ouergha (Sidi Kacem), is impressive: more than 3.8 billion cubic metres. The hydrocapacity of the dam's hydroelectric power station (more than 400 million kiloWatts/hour per year on average) represents 25% of the total energy produced by the country's hydroelectric facilities.*

*At the present time, the total storage capacity of Moroccan dams is close to 14 billion cubic metres.*

*The total capacity of the Nation's water infrastructure is subject to annual losses due to silting. The lost capacity is estimated to be 50 million m<sup>3</sup>/year (enough water to irrigate 6000 ha), and thus a reduction in capacity of 0.5% per year. The total volume currently silted up is evaluated at nearly 830 million m<sup>3</sup>, which represents nearly 8% of the total capacity of the dams.*

*The total precipitation over the entire country is estimated to be around 150 billion m<sup>3</sup>, of which 121 billion are accounted for by evapotranspiration and approximately 29 billion the total surface and underground run-off. Groundwater forms a major part of the nation's water assets. Thirty-two deep aquifers and more than forty-six shallow aquifers have been detected and identified. The studies and reconnaissance activities carried out to date have allowed the exploitable potential to be evaluated at 4 billion m<sup>3</sup> a year.*

### Utilisation of water resources

*Population pressure acts in three different ways. Firstly, domestic water consumption requirements have to be met. Next, to feed the population, agriculture has to increase production and consequently needs more water for irrigation. Lastly, population pressure in urban and industrialised areas*

**Table 1: Projected connection rates in urban centres**

Connection rate (T) in 1989	Projected connection rates		
	1990	2010	2020
T ≤ 40%	70%	78%	85%
40 < T ≤ 50%	74%	85%	90%
50 < T ≤ 60%	78%	90%	95%
60 < T ≤ 80%	80%	94%	98%
T ≥ 80%	82%	97%	98%

nie, des performances importantes ont été enregistrées dans le secteur. C'est ainsi que la production urbaine est passée de 260 millions de m<sup>3</sup> en 1972 à 510 millions de m<sup>3</sup> en 1981 pour atteindre près de 700 millions de m<sup>3</sup> en 1994, alors que durant ces mêmes périodes la population urbaine est passée de 5,6 millions d'habitants à 8,3 millions d'habitants en 1981 et 13,4 millions d'habitants en 1994, soit un triplement de la production sur la période 1972 - 1994 pour une population qui a à peine doublé.

Si au cours de la première décennie 71-80 les actions ont surtout porté sur les aspects institutionnels et l'équipement pour combler les retards enregistrés, durant la décennie 81-90, les efforts ont concerné, en plus de l'équipement, la rationalisation de la gestion (politique tarifaire, premier contrat programme, assainissement du secteur, renforcement de la coordination entre le producteur et le distributeur,...).

En 1995, la population rurale qui a accès à l'eau potable, essentiellement souterraine (200 Mm<sup>3</sup>), dans les conditions convenables est évaluée à 30 % de la population rurale totale.

La qualité bactériologique de l'eau constitue le principal problème qualitatif en milieu rural. La quasi-totalité des points d'eau traditionnels non équipés délivrent une eau non potable selon les normes nationales. Environ 56 % des points d'eau présentent des abords insuffisamment propres. Dans certaines zones, cette proportion dépasse 80 %.

La Stratégie pour le Développement Social (SDS), adoptée par le Gouvernement marocain pour la décennie quatre vingt dix, accorde une grande priorité à l'accès des populations rurales à l'eau potable. Dans ce cadre, un Plan Directeur National d'Approvisionnement en Eau Potable des Populations Rurales a été établi et ses résultats ont été approuvés par le Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat lors de sa 8<sup>ème</sup> session de février 1994 (instance qui formule les orientations générales de la politique en matière d'eau et de climat).

### **Amélioration de la Grande Irrigation**

Le Programme d'Amélioration de la Grande Irrigation (PAGI) au Maroc, qui s'inscrit dans le cadre des orientations stratégiques du développement agricole dans la perspective de l'horizon 2020 (contribution à

*generates pollution which affects the water resources.*

### **Potable water**

*During the past twenty years, the work undertaken in the potable water sector in urban areas has helped to make up for the delays that have occurred and has ensured considerable development both from the organisational and institutional point of view and in terms of infrastructure, coverage and quality of service.*

*During the past two decades, excellent results have been achieved in this sector. For example, urban water production rose from 260 million m<sup>3</sup> in 1972 to 510 million m<sup>3</sup> in 1981 and nearly 700 million m<sup>3</sup> in 1994, whereas during the same periods the urban population increased from 5.6 million to 8.3 million in 1981 and 13.4 million in 1994, representing a tripling of production over the period 1972 - 1994 for a population that barely doubled.*

*While actions taken during the 1970s were mainly concerned with institutional and equipment aspects aimed at bringing them up to date, efforts during the 1980s involved, in addition to equipment, management rationalisation (pricing policy, first contract programme, sanitation for the sector, greater coordination between the producer and the distributor, etc.).*

*In 1995, an estimated 30% of the rural population had satisfactory access to drinking water, mostly from groundwater sources (200 million m<sup>3</sup>).*

*In rural areas the bacteriological quality of the water is the main problem affecting quality. Virtually all the traditional water sources deliver a water that is unfit to drink according to national standards. Some 56% of these water sources have access that is insufficiently clean. In some areas this figure may reach 80%.*

*The Strategy for Social Development (SDS, Stratégie pour le Déve-*



**La plupart des eaux usées domestiques et industrielles des centres urbains et ruraux sont rejetées, sans traitement préalable, dans le milieu naturel.**

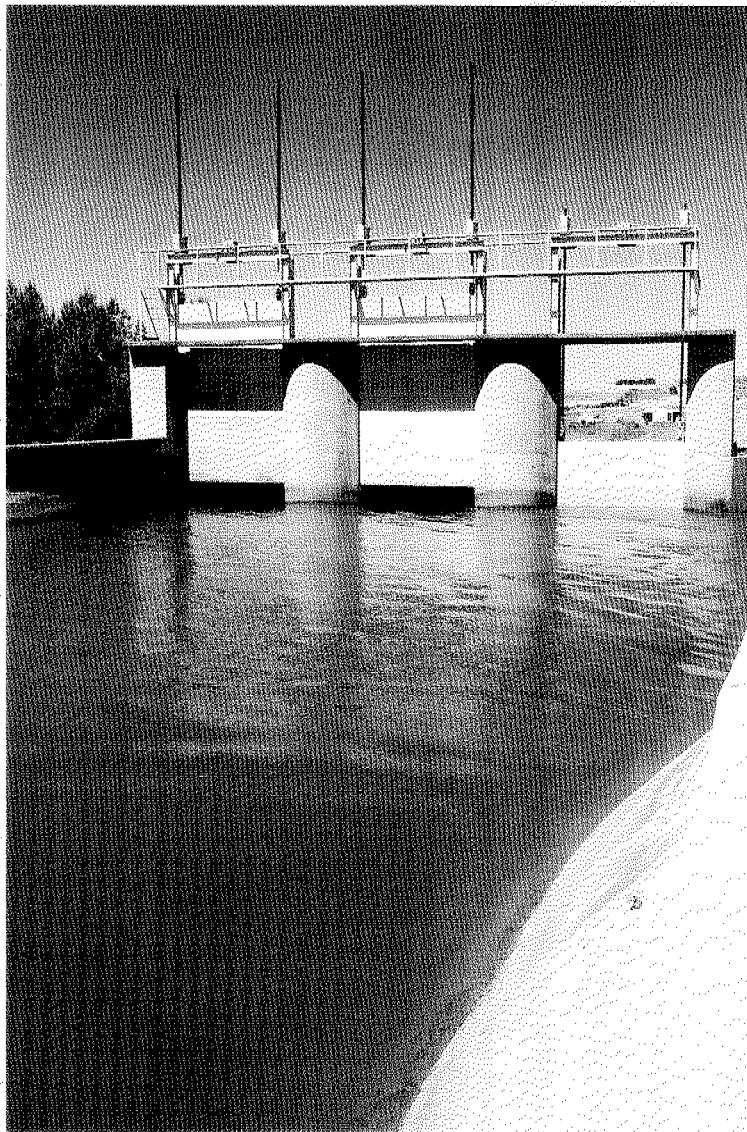
**Most domestic and industrial wastewater from urban and rural centres is discharged untreated into the environment.**

la garantie de la sécurité alimentaire, amélioration des revenus des agriculteurs, protection et conservation des ressources naturelles, intégration de l'agriculture au marché national et international) vise à réunir toutes les conditions permettant aux grands périmètres irrigués d'exprimer pleinement et de manière durable leurs potentiels de production.

La concrétisation du Programme National d'Irrigation (PNI), entamé en 1993, générera une valeur ajoutée agricole de 7.3 milliards de DH/an, des recettes en devises de 2 milliards de DH/an et plus de 36 millions de journées de travail annuel. S'y ajoute une sensible amélioration des niveaux des conditions de vie dans la campagne, notamment par le renforcement des infrastructures publiques et l'amélioration des revenus des populations rurales.

Cependant, l'eau au Maroc est une ressource rare et sa disponibilité est variable et tributaire des aléas climatiques. Certaines années, faute de réserves dans les barrages, l'eau est coupée sur les zones irriguées, comme ce fut le cas lors de la dernière sécheresse de 1995. Les agriculteurs sont alors obligés d'approfondir leurs puits ou d'en forer de nouveaux. Et ce sont justement les ressources en eau mobilisables qui limitent le potentiel d'irrigation, estimé actuellement à environ 1,36 millions d'hectares en irrigation pérenne, soit près de 15 % de la superficie agricole utile. Globalement, le pays reçoit annuellement quelque 150 milliards de m<sup>3</sup> d'eau de pluies. Seulement 21 milliards de m<sup>3</sup> de cette quantité sont mis à profit, dont près de 17 milliards destinés à l'irrigation.

Mais malgré ces difficultés, le PNI semble tenir la route quoique enregistrant quelque retard. Ce programme, prévu en deux phases porte sur l'extension de l'irrigation sur une superficie de 250 000 hectares. Il s'agit là de résorber le décalage entre les superficies dominées par les barrages existants et les superficies aménagées. En effet, plus de 154 000 ha n'ont pas encore bénéficié des équipements hydro-agricoles nécessaires à la valorisation par l'irrigation de près 1.3 milliards de m<sup>3</sup> par an, contenu dans des barrages existants et non exploités. S'y ajoute la réhabilitation des périmètres anciens sur



**Au Maroc, actuellement 90 % des ressources en eau mobilisées sont utilisées dans l'irrigation.**

**In Morocco, 90% of the exploited water resources are used for irrigation.**

loppement Social), adopted by the Moroccan government for the 1990s, makes access to drinking water for the rural population one of the top priorities. Within this framework, a National Development Plan for the Supply of Potable Water to Rural Populations (Plan Directeur National d'Approvisionnement en Eau Potable des Populations Rurales) was established and its results were approved by the Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat (a body that formulates general guidelines for policy on water and climate) at its 8th session in February 1994.

### **Improvement of large-scale irrigation**

The Large-Scale Irrigation Improvement Programme (PAGI, Programme d'Amélioration de la Grande Irrigation) in Morocco, which falls within the framework of strategic plans for agricultural development up to the year 2020 (contribution to guaranteeing food security, improved farm incomes, protection and conservation of natural resources, integration of agriculture into the national and international market) is aimed at providing all the necessary conditions for the major irrigated areas to realise their full potential and secure their future.

The achievements of the National Irrigation Programme (PNI, Programme National d'Irrigation), which began in 1993, will generate agricultural added value worth 7.3 billion DH/year, foreign earnings of 2 billion DH/year and more than 36 million working days annually. There has also been a marked improvement in living conditions in the country, especially through the strengthening of public infrastructure and increased incomes for the rural population.

However, in Morocco water is a scarce resource and its availability is variable and dependent on the vagaries of the climate. In some years, when the reservoirs are low, the water for irrigated areas has to be cut off, as was the case during the last drought in 1995. Farmers were obliged to deepen their wells or drill new ones. It is of course the utilisable water resources which limit the irrigation potential, currently estimated at about 1.36 million hectares of per-



200 000 ha.

Les efforts déployés en matière d'aménagement des périmètres agricoles ont permis de disposer actuellement d'une superficie équipée de l'ordre de 890 000 ha dont 400 000 ha en petite et moyenne hydraulique. L'objectif visé en l'an 2000 est l'irrigation d'un million d'hectares. La superficie irriguée, qui ne représente que près de 10 % du potentiel en terres cultivables, contribue pour 45 % dans la valeur ajoutée agricole et près de 65 % dans les exportations agricoles.

A terme, selon les estimations, les exploitations irriguées verront leur revenu annuel dépasser 21 000 DH par an. Par ailleurs, les taux d'approvisionnement du pays seront, par exemple, de 70 à 80 % pour le sucre et de 95 à 100 % pour ce qui est du lait.

Côté emploi, les investissements envisagés procureraient à travers l'activité agricole plus de 135 000 emplois permanents auxquels s'ajoute 40 000 autres par an créés par les chantiers de travaux durant la période du plan.

### **Amélioration des performances hydrauliques et économie d'eau**

L'amélioration des performances hydrauliques des systèmes d'irrigation a pour objectifs l'économie de l'eau et un meilleur service de l'eau aux agriculteurs pour un usage efficient et productif de cette ressource vitale qui se raréfie de plus en plus.

Au Maroc, actuellement 90 % des ressources en eau mobilisées sont utilisées dans l'irrigation. L'économie de l'eau s'impose, non seulement pour faire face à la concurrence sur l'eau qu'exerce de plus en plus les secteurs de l'eau potable et industrielle, mais aussi pour garantir la durabilité des aménagements hydro-agricoles. Les pertes d'eau dans les réseaux d'eau potable et d'irrigation sont importantes. Le pourcentage des pertes d'eau dans les canalisations d'eau potable sont de l'ordre de 35 %. On estime les possibilités d'économies d'eau dans le secteur de l'irrigation à près de 50 % du volume total utilisé actuellement.

Cette durabilité est donc liée principalement à la conservation des ressources en eau et en sol. Les gaspillages d'eau et les problèmes de salinité et de drainage qui en découlent risquent de freiner le développement des zones agricoles dans lesquelles on a voulu précisément promouvoir un essor économique.

La durabilité est aussi liée à la viabilité économique des exploitations agricoles. La maîtrise de l'irrigation au niveau de l'exploitation agricole doit conduire à une réduction des coûts de production et améliorer les marges brutes à l'hectare.

La réduction des pertes d'eau et une meilleure planification des arrosages au niveau des exploitations agricoles. L'effort dans ce domaine portera sur la mise en place d'un réseau national de démonstration-vulgarisation qui répondra aux besoins importants en matière d'identification et de diffusion des technologies adaptées et des règles de bonnes pratiques agricoles nécessaires pour améliorer l'efficacité de l'irrigation et la valorisation de l'eau dans l'exploitation agricole.

### **Dégradation de la qualité de l'eau**

Au Maroc, les ressources en eau sont confrontées à des pressions

manently irrigated land, representing approximately 15% of the available agricultural land. Overall, the country receives some 150 billion m<sup>3</sup> of rainwater annually. Of this only 21 billion m<sup>3</sup> is put to use, of which 17 billion is used for irrigation.

However, in spite of these problems, the PNI seems to have remained on course, even though it has fallen behind schedule. This two-phase programme involves increasing the irrigated area to 250,000 hectares. It seeks to eliminate the disparity between the area surrounding existing dams and the areas capable of being irrigated. Indeed, more than 154,000 ha do not yet have the necessary hydro-agricultural equipment to irrigate the areas around the dams.

An annual capacity of 1.3 billion m<sup>3</sup> per year in the existing dams remains unused. However, 200,000 ha of previously used land is being brought back into use.

As a result of efforts to develop agricultural land, some 890,000 ha are now equipped, including 400,000 ha with small and medium-sized irrigation installations. The aim is to irrigate one million hectares in the year 2000. The irrigated area, which represents only about 10% of the potential cultivable land, contributes 45% of the agricultural added value and nearly 65% of agricultural exports.

Eventually, according to estimates, irrigated farms should see their annual income exceed 21,000 DH. Furthermore, the country's level of self-sufficiency will, for example, be 70 to 80% for sugar and 95 to 100% for milk.

In terms of employment, the intended investments should lead to a further 135,000 permanent jobs in the agricultural sector as well as 40,000 others a year created by the construction sites during the period.

### **Improved performance and more economic use of water**

Improved irrigation system performance is aimed at achieving a more economic use of water and a better service for farmers, so as to allow efficient and productive use to be made of this increasingly scarce vital resource.

In Morocco, 90% of the water resources currently withdrawn are for irrigation. Improved water management is needed to cope with the increasing competition for water from the potable and industrial water sectors, and ensure the future of the hydro-agricultural installations. There are considerable leakages from the potable and irrigation networks. The percentage of water lost in the drinking water sector is in the region of 35%. In the irrigation sector the potential savings are estimated to be around 50% of the volume used at present.

Sustainability is therefore linked mainly to conservation of water and soil resources. Wastage of water and the resulting problems of salinity and drainage threaten to curb development in precisely those agricultural areas where it was hoped to promote economic development.

Sustainability is also linked to the economic viability of agricultural enterprises. Correct use of irrigation on farms should lead to a

croissantes et continues dues au développement des agglomérations urbaines, à l'amélioration du niveau de vie, au développement industriel et à l'extension de l'agriculture irriguée. Ces pressions s'accompagnent d'une dégradation croissante et de plus en plus grave de leur qualité. Du fait qu'elle dissout ce qui est soluble, qu'elle dilue ce qui est toxique, qu'elle déplace ce qui flotte et qu'elle dissimule ce qui coule, l'eau est utilisée pour évacuer tout ce qui gêne. Où va l'eau sale des communes marocaines? On pourrait répondre : infiltration dans la nappe, rejets dans les rivières et la mer, épandage en plein champ, irrigation, etc.

La plupart des eaux usées domestiques et industrielles des centres urbains et ruraux sont rejetées, sans traitement préalable, dans le milieu naturel. Les cours d'eau reçoivent directement environ 30 % de la pollution totale rejetée. Le sol et le sous-sol en reçoivent environ 27 %. En plus, les décharges publiques se trouvent souvent sur les rives des cours d'eau aggravant ainsi leur pollution. Le choix des sites de décharges publiques ne fait pas, généralement, l'objet d'une étude d'impact préalable.

La pollution des cours d'eau par les effluents industriels est de plus en plus importante. La plus dangereuse est celle liée aux métaux lourds. L'amont de la prise de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) pour l'alimentation en eau potable et industrielle de la ville de Fès en est un exemple. Les industries installées sur les rives de l'oued Sidi Hrazem, qui débouche dans l'oued Sebou, y rejettent des quantités importantes de matières organiques et des métaux lourds toxiques (cadmium, plomb et chrome).

Les principales sources de pollution des ressources en eau sont :

- les rejets d'eau usée d'une population de plus de 26 millions d'habitants (1994);
- les rejets d'eau usée industrielle évalués à près de 6 à 7 millions d'équivalents-habitants;
- les engrais et produits phytosanitaires utilisés en agriculture;
- les déchets solides ménagers et industriels;
- les pollutions accidentelles.

Le problème de pollution diffuse se pose surtout dans les régions agricoles irriguées où la conjonction de plusieurs facteurs (climat, type de sol, profondeur de la nappe, qualité d'eau d'irrigation, intensité d'application des engrais et produits phytosanitaires) concourent à la dégradation de la qualité des eaux souterraines. Les impacts sont généralement une augmentation de la teneur en nitrates, en produits phytosanitaires et parfois de la salinité. On estime que plus de 10 % de l'azote utilisé comme engrais est lessivé vers les nappes d'eau souterraines ou vers les cours d'eau et 1 % des produits phytosanitaires rejoignent les cours d'eau.

Les études effectuées au niveau des périmètres irrigués, ont montré que de nombreux puits de la nappe ont des concentrations de nitrates qui dépassent les normes nationales de potabilité fixées à 50 mg/l, ce qui présente un danger potentiel pour la santé des populations. Cette situation est d'autant plus préoccupante que les eaux souterraines constituent souvent les seules ressources disponibles en eau potable, en particulier pour les populations rurales. Les tendances évolutives des teneurs en nitrates, au niveau de quelques

*reduction in production costs and improve gross margins per hectare.*

*A reduction in water losses and better scheduling of farm spraying are required. Efforts in this area will involve setting up a nationwide network of demonstrations and extension activities. This will satisfy a major requirement for identifying and disseminating suitable technologies. Rules of good agricultural practice are also needed to improve the efficiency of irrigation and the development of water in agricultural production.*

### **Degradation of water quality**

*In Morocco, water resources are under continual and growing pressure from the development of urban agglomerations, improved standards of living, industrial development and the extension of irrigated agriculture. These pressures are accompanied by an increasingly serious degradation water quality. Since it dissolves all that is soluble, dilutes that which is toxic, moves all that can float and hides that can flows, water is used to dispose of everything that is no longer needed. Where does the wastewater from Moroccan municipalities go? One might reply: infiltration into the water Table, discharges into rivers and the sea, spreading in the open, irrigation, etc.*

*Most domestic and industrial wastewater from urban and rural centres is discharged untreated into the environment. Water-courses receive directly about 30% of the total pollution discharged. The soil and sub-soil receive approximately 27%. Furthermore, municipal refuse tips are often sited on the banks of rivers and increase the pollution of the water. When sites are chosen for municipal refuse tips there is not normally a preliminary study to ascertain the potential impact.*

*River pollution from industrial effluents is becoming increasingly serious. The most dangerous is heavy metal pollution. An example of this occurs upstream from the intake point used by the national office for potable water (ONEP, Office National de l'Eau Potable) to supply potable and industrial water to the town of Fès. Factories on the edge of Oued Sidi Hrazem, which joins Oued Sebou, discharge large quantities of organic matter and toxic heavy metals (cadmium, lead and chromium) into the wadi.*

*The main sources of water resource pollution are:*

- sewage discharges from a population of 26 million (1994);
- industrial wastewater discharges, evaluated at equivalent to 6 to 7 million inhabitants;
- fertilisers and phytosanitary products used in agriculture;
- household and industrial solid waste;
- accidental pollution.

*The problem of non-point source pollution occurs mainly in irrigated agricultural regions where the conjunction of several factors (climate, soil type, depth of the water Table, quality of irrigation water, level of use of fertilisers and phytosanitary products) lead to a degradation in groundwater quality. The main impact is generally an increase in levels of nitrates, phytosanitary products and, occasionally, salinity. It has been estimated that over 10% of the*

puits témoins, font apparaître un accroissement annuel excessif de l'ordre de 5 mg/l de nitrates par an. Cet impact se répercute aussi sur les eaux de surface qui récupèrent par drainage une grande partie du stock d'azote nitrique lessivé. Cette pollution favorise, en association avec le phosphore, les phénomènes d'eutrophisation pouvant constituer une menace pour la retenue d'Al Massira et plus à l'aval pour l'eau potable de l'ensemble urbain Casablanca-Azemmour-El Jadida. Le nombre de cas de pollutions accidentelles des ressources en eau est en évolution constante. L'augmentation du trafic routier et le transport de matières de plus en plus dangereuses (hydrocarbures, produits chimiques,...) exposent chaque jour au risque de pollution les prises d'eau potable et les retenues de barrages situés près des axes routiers. L'ONEP a enregistré, au cours de la période 1981-1988, quarante quatre cas de pollution accidentelle tant au niveau de la production que de la distribution de l'eau potable. Ces incidents, qui ont mené dans la plupart des cas à un arrêt temporaire de la production ou de la distribution, ont été provoqués essentiellement par l'épandage des hydrocarbures, des pesticides et des eaux usées urbaines.

Ce sont surtout les populations rurales, par la mauvaise qualité de l'eau de boisson ou par la stagnation des eaux destinée à l'irrigation, qui sont directement exposées au risque de maladies hydriques. L'irrigation peut conduire à la création d'habitats favorables au développement de vecteurs qui transmettent des maladies telles que le paludisme et la bilharziose. Les maladies liées à la consommation d'eau contaminée les plus courantes sont le choléra et la fièvre typhoïde.

### Assainissement

Dans le cadre de la mise en application de la nouvelle politique du Royaume du Maroc en matière d'assainissement liquide et lors de la 3<sup>ème</sup> session du Conseil Supérieur de l'Eau (26 et 27 mai 1988), il a été recommandé d'établir une étude du Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (SDNAL).

Le développement socio-économique des villes marocaines entraîne à leurs proximités de sérieux problèmes de dégradation de l'environnement. Actuellement les volumes des eaux usées produits en milieu urbain sont estimés à 500 Mm<sup>3</sup>. La partie collectée par les réseaux d'égout représente un volume de 370 Mm<sup>3</sup> dont plus de la moitié est rejetée en mer. Le reste est rejeté dans le réseau hydrographique ou épandu sur le sol.

Le tableau ci-dessous montre que la quasi-totalité des grandes et moyennes villes disposent d'un réseau d'assainissement Collectif. Par contre, plus du quart des petits centres, qui sont les plus nombreux, est assaini par un système autonome (fosses septiques ou simples puits perdus). Cependant, certains quartiers des

*nitrogen used in fertilisers seeps into aquifers and watercourses and 1% of phytosanitary products gets into rivers.*

*Studies carried out in irrigated areas have shown that many confined water wells have nitrate levels that exceed the national drinking water standard of 50 mg/l, and therefore present a potential danger to human health. This situation is particularly alarming since groundwater is often the only available source of drinking water, in particular for rural populations. The overall trend in nitrate levels, based on the results of monitoring several wells, is an excessive annual increase of around 5 mg/l of nitrates per year. This impact is also observed in surface water, which drains off a large proportion of the leached nitrates. Associated with phosphorus, this pollution promotes eutrophication phenomena and may pose a threat to the Al Massira reservoir and, further downstream, to the potable water of the Casablanca-Azemmour-El Jadida conurbation.*

*There is a regular increase in the number of cases of accidental pollution of water resources. The rise in road transport and the transport of increasingly dangerous materials (hydrocarbons, chemicals, etc.) means that potable water intake points and reservoirs close to the main trunk roads are exposed to the risk of pollution on a daily basis. During the period 1981-1988, ONEP recorded forty-four cases of accidental pollution at the level of potable water production or distribution. These incidents, most of which led to a temporary halt in production or distribution, were generally caused by leakage of hydrocarbons, pesticides or municipal wastewater.*

*It is more especially rural populations who, through the poor quality of drinking water or the stagnation of water intended for irrigation, are directly exposed to the risk of diseases related to water. Irrigation can lead to the creation of habitats conducive to the development of vectors of diseases such as malaria and bilharziosis. The most common diseases caused by drinking contaminated water are cholera and typhoid.*

### Wastewater treatment

*Within the context of implementing the Kingdom of Morocco's new policy on wastewater treatment and during the 3rd session of the Conseil Supérieur de l'Eau (26 and 27 May 1988), it was recommended that a study be made of the national structural plan for wastewater treatment (SDNAL, Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide).*

*The socio-economic development of towns in Morocco leads to serious environmental problems in the surrounding areas. The volume of urban wastewater currently produced is estimated to be 500 million m<sup>3</sup>. Of*

**Table 2: Number of urban centres with a municipal sewerage system**

Population of urban centres	Number of urban centres	Number of centres with a municipal sewerage system	%
0-20,000	201	145	72
20,000-100,000	69	67	97
> 100,000	23	23	100
<b>Total</b>	<b>293</b>	<b>235</b>	<b>80</b>



*Sur le plan de la lutte contre la pollution générée par les eaux usées urbaines, les efforts déployés en matière d'équipement en dispositifs d'épuration sont très en deçà des besoins. Les stations d'épuration existantes ne dépassent guère la soixantaine et celles qui sont encore en fonction ne représentent que le quart de cet effectif.*

*Control of pollution from urban wastewater: the provision of sewage treatment installations is still way below requirements; there are barely more than sixty sewage treatment works and only a quarter of these are still in operation.*

grandes et moyennes villes sont encore assainies en système autonome.

En dehors de la réutilisation indirecte des eaux usées produites par les centres urbains et qui sont pour la plus grande partie déversées dans les cours d'eau ou épandues, un volume de l'ordre de 60 Mm<sup>3</sup>/an d'eau usée urbaine est actuellement réutilisé à l'état brut pour l'irrigation de près de plus de 7000 ha, ce qui expose la population en contact avec ces eaux et consommatrice des productions agricoles issues de ces zones à de grandes risques de maladies.

Sur le plan de la lutte contre la pollution générée par les eaux usées urbaines, les efforts déployés en matière d'équipement en dispositifs d'épuration sont très en deçà des besoins. Les stations d'épuration existantes ne dépassent guère la soixantaine et celles qui sont encore en fonction ne représentent que le quart de cet effectif. L'impact des installations d'épuration fonctionnelles, en matière de réduction de la pollution, reste insignifiant et est estimé à un peu plus de 1 %.

### **Code de l'eau**

Le code d'eau a été voté au plus forte de la sécheresse de 1995. Son promoteur, le Ministre des Travaux Publics de l'époque, avait déclaré lors de son adoption et à maintes reprises qu'il faut désormais disposer d'une gestion intégrée de l'eau. Pour lui, cette ressource sera "l'enjeu du 21<sup>ème</sup> siècle".

Cet "or bleu" mobilise aujourd'hui toutes les énergies, et dans le monde les pays dépensent des milliards de Dollars pour le sauvegarder. L'Afrique rassemble la plupart des pays souffrant de "water-stress".

Dans la mouvance de l'état d'urgence, le Maroc a entamé des poli-

*this, sewer systems collect some 370 million m<sup>3</sup>, more than half of which is discharged into the sea. The remainder is discharged into rivers or disposed of on the land.*

*Table 2 shows that virtually all large and medium-sized towns have a municipal sewerage system. In contrast, over a quarter of the small centres, which are the most numerous, are served by private sewage disposal systems (septic tanks or simple cesspit). However, some districts in large and medium-sized towns are still served by private disposal systems.*

*Apart from the indirect reuse of wastewater produced by urban centres, which for the most part is discharged into watercourses or disposed of on the land, a volume of about 60 million m<sup>3</sup>/year of urban wastewater is currently reused in the raw state to irrigate some 7,000 ha, thus exposing anyone in contact with this water and consumers of agricultural produce from these areas to a serious risk of disease.*

*As regards the control of pollution generated by urban wastewater, the provision of sewage treatment installations is still way below requirements. There are barely more than sixty sewage treatment works and only a quarter of these are still in operation. The impact which the functional treatment works have on reducing pollution remains minimal and is estimated at slightly more than 1%.*

### **Water Code**

*The Water Code was voted at the height of the drought in 1995. Its instigator, the then Minister of Public Works, declared at the time of its adoption and on many other occasions that there was now a need for integrated water management. In his view this resource would be the "key issue of the 21st century".*



tiques de rationalisation et adopté des lois. Le code de l'eau, voté à l'unanimité, se veut une armature pour provoquer des changements de comportements vis-à-vis de cette denrée rare.

Depuis cette date, la politique des réserves, voire du rationnement, avec les priorités définies par le code, est devenue un mode de vie.

Après avoir mis près d'un siècle pour faire admettre le principe du paiement de l'eau, l'État s'est attelé à en rendre son utilisation rationnelle. L'objectif du code est de mettre en place un cadre juridique adéquat qui permet d'organiser la répartition et le contrôle de l'utilisation des ressources en eau et d'en assurer également la protection et la conservation.

L'eau appartient à la collectivité, sous réserve des droits acquis. L'eau est un bien public, il faut avant tout la sauvegarder en tant que denrée et la valoriser. Un espace de concertation a été mis en place par le code entre les trois principaux acteurs : bassin, usagers de l'eau et collectivité. Innovation importante du code, la création des agences de bassins, établissements publics, dotés de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Le texte en définit les rôles et les missions.

Par ailleurs, le code met en place les conditions générales d'utilisation de l'eau. Sont ainsi énumérés les droits et obligations des propriétaires ainsi que les cas d'autorisation et concessions relatives au domaine public hydraulique. De plus, le texte réserve tout un chapitre à l'usage de l'eau en cas de pénurie. La loi réglemente également les activités susceptibles de polluer les ressources en eau, en fixant les cas où la pollution est interdite et le cas où elle est permise. Le code couvre aussi d'autres domaines tels que l'eau à usage alimentaire ou encore l'aménagement et l'utilisation des eaux à usage agricole.

### **L'agence du bassin d'Oum-er-Rbia opérationnelle en juillet 2000**

Les préparatifs vont bon train pour que la première Agence du Bassin démarre en juillet prochain. Cette expérience pilote dans la décentralisation de la gestion de l'eau sera l'Agence du Bassin Hydraulique d'Oum Er-Rbia.

Les textes d'application ont été promulgués, de même pour les arrêtés qui fixent le niveau de redevances pour l'utilisation de l'eau d'irrigation et la production d'énergie. Les négociations sont en cours pour l'eau potable et la pollution.

La Direction de l'Hydraulique travaille d'arrache-pied pour mettre en place d'autres agences de bassins. Trois sont dans le pipe-line : celle du Sebou, Sous-Massa et Tensift.

Le Directeur gère l'agence et "délivre les autorisations d'utilisation du domaine public hydraulique, conclut les conventions et les contrats et les notifie aux concessionnaires après approbation du Conseil d'Administration", précise la loi n° 10-95 sur l'eau, votée à l'unanimité en 1995. Celle-ci a créé l'Agence du Bassin comme un établissement public doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. La tutelle de l'État sur l'Agence est assurée par le Ministère des Travaux Publics. Cette entité sera dirigée par un Conseil d'Administration présidé par le Ministère chargé de la ges-

*A great amount of energy is being devoted to this "blue gold" and throughout the world countries are spending billions of dollars to safeguard it. Africa is home to the majority of countries suffering from water stress.*

*Influenced by the state of emergency, Morocco started to introduce rationalisation policies and pass laws. The Water Code, which was voted unanimously, provides a solid framework for bringing about changes in behaviour towards this rare commodity.*

*Since that time, stringent water conservation or even rationing, with the priorities set out in the code, has become a way of life.*

*After having taken nearly a century to persuade people to accept the principle of paying for water, the State has endeavoured to rationalise its use. The aim of the Code is to establish a suitable legal framework for organising the distribution and control the use of water resources, as well as to ensure their protection and conservation.*

*Water belongs to the community, subject to the rights having been acquired. Water is a public good, and above all as a commodity it must be protected and its use optimised. The Code provides room for consultation between the three main players: the basin, water consumers and the community. A major innovation in the Code is the setting up of regional water agencies, public bodies which have their own legal status and are financially autonomous. Their various roles and missions are defined in the Code.*

*The Code also lays down general conditions governing the use of water. It lists the rights and obligations of owners and the circumstances in which authorisations and concessions can be granted in regard to public ownership of water. An entire chapter is devoted to the use of water in the event of shortages. The law also regulates activities likely to pollute water resources, stipulating the cases where polluting is prohibited and the circumstances in which it is permitted. The Code also covers other areas, such as fresh water or the preparation and use of water for agricultural use.*

### **The Oum-er-Rbia Basin Water Agency: operational in July 2000**

*Preparations are well under way for the first Basin Water Agency to begin next July. The pilot scheme in the decentralisation of water management will be the Oum Er-Rbia Basin Water Agency.*

*The implementing rules and regulations have been enacted, as have the orders fixing the level of charges for the use of irrigation water and energy. Negotiations are under way on potable water and pollution.*

*The Water Directorate is working non-stop to set up other Basin Agencies. Three are in the pipeline: those of Sebou, Sous-Massa and Tensift.*

*The Director runs the Agency, issues production licences in the public water sector, concludes agreements and contracts and notifies the licence holders following the approval of the Administrative Council, as stipulated in Law No. 10-95 on water, voted unanimously in 1995. This law created the Basin Agency as a public body with its own legal status and financial autonomy. State*

tion des ressources en eau. Actuellement, cette tâche est du ressort du Département de l'Équipement. Le CA sera composé de représentants de l'administration, du secteur privé et des chambres professionnelles.

Une nouveauté a été introduite : la gestion de l'eau n'est plus confiée uniquement à l'administration. Les usagers seront désormais impliqués au niveau provincial et régional. Des mécanismes de coordination prévoient une commission, composée de représentants de l'administration et des usagers, qui débattront de problèmes de pénurie ou de pollution. Ces débats orienteront la programmation et l'élaboration du budget de l'agence. Cette dernière est chargée d'élaborer et de veiller à l'application du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau. Outre la gestion et le contrôle de l'utilisation des ressources en eau mobilisées, cette structure aura pour mission de réaliser les infrastructures nécessaires à la prévention et à la lutte contre les inondations et de "tenir un registre des droits d'eau reconnus et des concessions et des autorisations de prélèvement d'eau accordées".

## Conclusion

Considérée souvent comme un symbole de pureté, l'eau est progressivement devenue le produit alimentaire le plus surveillé et est soumise à ce titre aux normes de qualité les plus sévères. Lorsqu'on boit de l'eau du robinet, on imagine difficilement la somme de compétences et de technicité qui ont été nécessaires pour arriver à un acte aussi simple. Il faut tout d'abord assurer la gestion de la ressource en eau aussi bien en termes de quantité que de qualité, puis traiter cette eau afin d'éliminer les substances et les micro-organismes susceptibles de présenter un risque pour la santé et, enfin, assurer une qualité parfaite du transport jusqu'au robinet du consommateur. L'eau, ça coûte. Le robinet, c'est un miracle permanent. Avoir à volonté, quand on veut, de l'eau potable jusqu'au dixième étage cela repose sur un exploit technique.

*supervision of the Agency is by the Ministry of Public Works. The body will be managed by an Administrative Council chaired by the Minister responsible for water resource management. Currently, this task comes under the Department of Equipment. The Administrative Council will comprise representatives from the administration, the private sector and professional institutes.*

*An innovation has been introduced: water management is no longer entrusted solely to the administration. Users will in future be involved at the provincial and regional level. Coordination mechanisms include a Commission, made up of representatives of the administration and of users, who will discuss problems of water shortage and pollution. These discussions will inform the programming and preparation of the Agency's budget. This Commission is responsible for developing and monitoring the application of the integrated management plan for water resources. Apart from the management and control of use of water resources, this body will have the task of creating the necessary infrastructure for the prevention and control of flooding and to "maintain a register of recognised water rights, concessions and water withdrawal licences".*

## Conclusion

*Often considered a symbol of purity, water has gradually become the most highly monitored food commodity and in this respect is subject to the most stringent quality standards. When one drinks water from the tap, it is hard to imagine the full range of skills and expertise that were necessary to arrive at so simple an act. It is first necessary to manage the water resource in terms of quantity and quality. Then the water has to be treated to eliminate substances and micro-organisms likely to present a health risk. Lastly, perfect quality of transport has to be ensured right through to the consumer's tap. Water is expensive. The tap is a permanent miracle. To have an unlimited supply of potable water, at any time*

## References

- Conseil Supérieur de l'Eau. Rabat - session de mai 1988. La Pollution de l'eau et la réutilisation des eaux usées au Maroc.
- Document final du schéma directeur national d'assainissement liquide (synthèse): rapport minute. Ministère de l'Intérieur; Direction Générale des Collectivités Locales; Direction de l'Eau et de l'Assainissement / PNUD - ONEP - CEE. Décembre 1996.
- Eau: gestion de la rareté (tomes 1 et 2). Colloque International; Amicale des Ingénieurs Marocains des Ponts et Chaussées Association Marocaine des Ressources en Eau. Rabat 19 et 20 octobre 1995.
- Kaoui et Darley, (1995). Epuration des eaux usées au Maroc. Synthèse des études expérimentales. Ministère de l'Intérieur. Direction Générale des Collectivités Locales. Direction de l'eau et de l'assainissement.
- Lhadi E.K.; Guessir H; Handoufe A. et Demnati-Adib N., (1994). Réutilisation des eaux usées en agriculture: impact sur le sol et la nappe dans la région de Sidi Ben-nour. Revue Hommes, Terre et Eaux, volume 24, n° 94-95 juin 1994.
- Lhadi E.K.; Mountadar M.; Younsi A; Martin G. et Morvan J. (1996). Pollution par les nitrates des eaux souterraines de la zone littorale de la province d'El Jadida (Maroc). Revue d'Hydrogéologie de B.R.G.M. (France), n° 3 1996.
- Lhadi E.K.; Mountadar M.; Younsi A; Martin G. et Morvan J. (1996). Contamination par les sels du système aquifère côtier de la province d'El Jadida (Maroc). Revue d'Hydrogéologie de B.R.G.M. (France), n° 3 1996.
- Moyens législatifs et réglementaires de lutte contre la pollution de l'eau. Chaoui M.; Cycle de formation "impact sur l'environnement" Ecole Hassania des Travaux Publics / Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Casablanca, avril, mai et juin 1996.
- Note technique de l'atelier Agricole et Environnement (PANE): version provisoire. Observatoire National de l'Environnement du Maroc. Ministère de l'Environnement, Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole, mars 1997.
- O.M.S., (1985). Directives de qualité pour l'eau de boisson. Recommandations. Vol. 1. OMS. Genève. 132 pp.
- O.M.S., (1986). Directives de qualité pour l'eau de boisson. Critères d'hygiène et documentation à l'appui. Vol. 2. O.M.S. Genève. 346 pp.
- O.N.E.P., (1989). Action en matière de contrôle de la pollution des eaux susceptibles de servir à l'alimentation en eau potable. Document établi par le laboratoire de contrôle de la qualité des eaux de l'ONEP.
- O.N.E.P., (1996). Etat de la qualité des eaux superficielles du bassin de l'Oum er Rbia. Rapport période 1992 - 1994. Maroc 27 pp.
- Programme d'action et de suivi de l'environnement: rapport de synthèse. Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole; Direction du Développement et de la Gestion de l'Irrigation. Décembre 1994.
- Situation des rejets industriels: rapport

L'utilisation durable des ressources d'eau douce doit être la pierre angulaire de tout programme de sécurité alimentaire. cela, on l'a très vite compris au Maroc, et au plus haut niveau. On a été conscient de la nécessité de mener une politique de mobilisation des ressources en eau, qui passait nécessairement par les barrages. Le Maroc en possède aujourd'hui plusieurs pour une capacité maximale de 14 millions de mètres cubes. L'effort de mobilisation des eaux se poursuit avec la construction de nouveaux barrages, une connaissance et une meilleure exploitation des nappes.

La multiplication récente des atteintes à l'environnement par les activités industrielles, l'urbanisation et le développement des pratiques agricoles impose le déploiement des efforts afin de protéger et de préserver les ressources en eau contre toute sorte de pollution. L'examen de la situation actuelle des équipements d'assainissement révèle un sous-équipement considérable en ouvrages d'épuration des eaux usées et un retard important en équipement en réseaux d'assainissement. Les coûts de dégradation de l'environnement sont estimés, par la stratégie nationale, à près de 20 milliards de dirhams par an (8.2 % du PIB marocain) dont 14.5 milliards de dirhams par an proviennent de la contamination de l'eau et de la mauvaise gestion des déchets. Le Maroc mène une stratégie globale dans le secteur eau en mettant un plan d'action Eau/Environnement du PANE, qui consiste en la définition d'actions permettant la mise en œuvre d'une gestion plus efficace et durable des ressources en eau. Une telle approche considérerait l'eau comme un bien économique et intégrerait les aspects relatifs à la quantité et à la qualité des ressources en eau, la gestion de l'offre et de la demande, la participation des usagers et la protection environnementale. ■

*of day, even if one lives on the 10th floor, is a magnificent technical achievement.*

*Sustainable fresh water resources must be the cornerstone of any food security programme. This was very quickly understood in Morocco, and at the very highest level. We were aware of the need for a water exploitation policy which necessarily involved the construction of dams. Morocco now has many, with an overall maximal capacity of 14 million cubic metres. The work of water exploitation is continuing with the construction of new dams, and greater knowledge and improved exploitation of aquifers.*

*The recent increase in environmental damage caused by industrial activity, urbanisation and the development of agricultural practices makes it essential to work to protect and preserve water resources from all types of pollution. A study of the current state of sanitation facilities reveals a serious level of under-equipment in wastewater treatment plants and a considerable delay in installing sewerage systems. The costs of environmental degradation have been estimated at almost 20 billion dirhams per year (8.2% of Morocco's GDP) of which 14.5 billion dirhams a year is due to contamination of water and poor management of refuse. Morocco is conducting a global strategy in the water sector by setting up a water/environment action plan (PANE), which involves defining actions to allow the introduction of more effective and sustainable management of water resources. Such an approach would consider water to be an economic asset and would integrate aspects relating to the quality and quantity of water resources, management of supply and demand, user participation and environmental protection. ■*

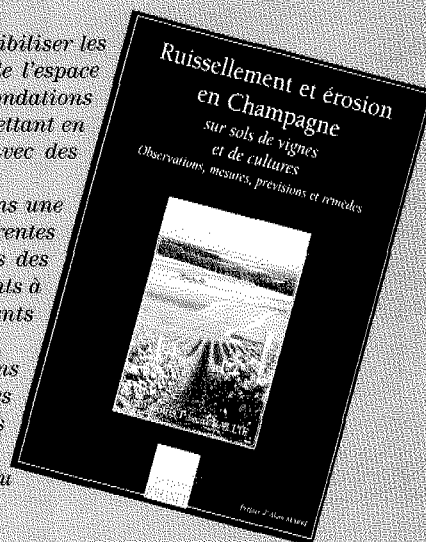
## **RUISELLEMENT ET EROSION EN CHAMPAGNE sur les sols de vignes et de cultures par Jean Louis Pascal BALLIF**

*Format 16 x 24 cm - 160 pages - Nombreuses figures et tableaux - 196 FTTC Franco ou 26,97 €  
ISBN 2-900056-48-5*

**R**uissellement et érosion en Champagne est un livre qui a pour objectif de sensibiliser les vignerons, les agriculteurs et tous ceux qui s'intéressent à l'aménagement de l'espace rural, aux dangers du ruissellement et de l'érosion pluviale favorisant les inondations d'eaux boueuses. Il est aujourd'hui possible de réduire efficacement cette érosion en mettant en pratique de nouvelles méthodes culturales et en aménageant les bassins versants avec des équipements hydrauliques adaptés.

En s'appuyant sur sa longue expérience d'agronome champenois, l'auteur présente dans une première partie la Champagne-Ardenne, son climat, ses sols, ses vignobles, et les différentes formes et conséquences du ruissellement et de l'érosion. Il livre ensuite les résultats des mesures obtenus sur des parcelles expérimentales en vignobles et sur des bassins versants à sols limoneux. Il examine enfin les risques d'érosion et énumère les différents aménagements hydrauliques susceptibles de diminuer ou de supprimer cet aléa.

Cet ouvrage, s'il reste dans le strict domaine délimité par son titre, ne s'inscrit pas moins dans la gestion globale de l'eau, le développement agricole durable et la protection des ressources fragiles que sont les sols et les eaux de nappes. Le développement des exemples locaux et des remèdes éprouvés, testés ou recommandés sont extrapolables à bien d'autres sites pédologiques et topographiques analogues, et notamment à la majorité du vignoble hexagonal.



**Éditions Johanel : 30, rue René Boulanger 75010 Paris**  
**Tel. 33 (0) 1.44.84.78.78 Fax : 33 (0) 1 42.40.26.46 Internet : [www.editions-johanel.com](http://www.editions-johanel.com)**  
**E-mail : [info@editions-johanel.com](mailto:info@editions-johanel.com)**

# Ressources hydriques en Algérie : Mobilisation et qualité

## *Water resources in Algeria: Exploitation and quality*

*Samia Achour, Chargée de cours, Institut d'Hydraulique, Université de Biskra, Algérie*  
*Bachir Achour, Maître de Conférence, Institut d'Hydraulique, Université de Biskra, Algérie*

Nous proposons dans cette article une mise au point sur l'état des ressources hydriques souterraines et superficielles en Algérie. Après un inventaire des potentialités en matière de ressources, il est apparu qu'elles étaient considérables tant au nord qu'au sud du pays. Depuis plusieurs décennies, l'approvisionnement de la population en eau potable et l'alimentation des centres industriels et de l'agriculture a été au centre des préoccupations du secteur de l'hydraulique. Ceci s'est traduit par la réalisation de nombreux ouvrages hydrauliques visant la régularisation et la mobilisation des eaux de surface. Mais les efforts restent en deçà des besoins croissants auxquels il convient de répondre par une plus grande maîtrise dans l'exploitation des ressources hydriques et des investissements financiers toujours plus importants. Les réservoirs souterrains du nord sont sollicités au delà des possibilités de leur réapprovisionnement naturel et l'exploitation des immenses potentialités du sud présentent de nombreuses contraintes (grande profondeur, minéralisation excessive...). Des investissements considérables ont alors dû être consacrés à la mobilisation et la régularisation des eaux superficielles (98 barrages en exploitation). Les conditions climatiques (pluviométrie) et l'envasement de ces barrages sont des contraintes de taille pour la rentabilisation de ces ouvrages. Il convient également de préserver la qualité de ces ressources en eau, notamment les eaux de surface qui sont vulnérables face aux diverses pollutions (rejets urbains et industriels, pratiques agricoles). Il a été ainsi mis en évidence la nécessité d'améliorer le contrôle de qualité des eaux de boisson ainsi que la maîtrise des techniques d'épuration des effluents et de traitement des eaux. Des mesures rigoureuses et immédiates se rapportant à la gestion et à la législation devront être prises pour éviter une dégradation irréversible des différentes ressources hydriques.

*This article reviews the current state of underground and surface water resources in Algeria. An inventory carried out shows that there are considerable water resources in both the north and south of the country. For several decades, the supply of drinking water for the population and water for industrial centres and agriculture has been the main concern of the water sector. This has resulted in numerous construction projects aimed at regulating and moving surface water. However, these efforts are still insufficient to meet the growing needs, which will require greater control over the exploitation of water resources and ever greater financial investment. The demand on aquifers in the north exceeds their natural capacity for replenishment, and exploitation of the immense potential in the south presents numerous constraints (great depth, excessive mineralisation, etc.). Considerable investments have therefore had to be made for the mobilisation and regulation of surface water (98 dams in operation). Climatic conditions (pluviometry) and silting up of these dams are major constraints for the cost-effectiveness of these engineering projects. The quality of these water resources also needs to be preserved, especially surface water which is vulnerable to various types of pollution (municipal and industrial discharges, agricultural practices).*

*There is thus a clear need to improve the quality control of drinking water and the control of sewage purification and water treatment techniques. Stringent and immediate measures concerning management and legislation will have to be taken to avoid an irreversible degradation of the different water resources.*



**E**n Algérie, l'eau constitue une denrée de plus en plus rare, vulnérable et difficilement renouvelable. L'usage de l'eau a une finalité sociale (boisson, hygiène...) mais également économique puisqu'aussi bien l'industrie, l'agriculture et la ville se disputent sa disponibilité et induisent des effets plus ou moins négatifs sur sa qualité.

L'eau doit être maintenant considérée comme une ressource économique au même titre que les hydrocarbures et les minerais et la prise de conscience impose de la gérer d'une manière rationnelle, en faire la préoccupation centrale de cette fin de siècle et du début du siècle prochain. La nouvelle politique de l'eau initiée ces dernières années par le ministère de l'équipement a été surtout axée sur la réforme de la gestion de la distribution de l'eau. L'élément central de cette démarche est l'organisation du territoire en cinq grands bassins versants, la ressource en eau étant gérée par des agences de bassin.

Toutefois, la problématique de l'assainissement bien qu'abordée n'est pas suffisamment développée, notamment dans les aspects financiers, institutionnels et réglementaires qui présentent des lacunes notamment quant à la perception des redevances pollution et aux aides aux communes sous forme de subventions pour la réalisation, l'amélioration et l'entretien des réseaux d'assainissement (collecte et épuration). Par ailleurs, il importe que les ressources en eau, déjà réduites, soient efficacement protégées contre toute nuisance (bactériologique ou chimique) et qu'elles soient traitées afin de produire une eau dont la qualité satisfait à des normes physico-chimiques et biologiques de potabilité.

Après un exposé des données concernant la mobilisation des princi-

**I**n Algeria, water is an increasingly scarce and vulnerable commodity and is difficult to renew. Water is used not only for domestic purposes (drinking water, hygiene, etc.) but also for economic purposes, since industry, agriculture and the domestic water supply compete for the resource, and this may have a negative effect on its quality.

Water must now be considered as an economic resource on a par with hydrocarbons and mineral deposits, and awareness of this fact means that it must be managed rationally and must become the central preoccupation for the end of this century and the beginning of the next. The new policy on water introduced by the Ministry of Equipment over the last few years has been based mainly on reforming the management of water distribution. The central pillar in this procedure involves organising the country into five large catchment areas, with the water resources being managed by water agencies in each area.

Nevertheless, while the sanitation question has been addressed, it has not been sufficiently developed, particularly as concerns the financial, institutional and regulatory aspects, which present deficiencies notably with regard to the collection of pollution tax and aid to municipalities in the form of grants for the installation, improvement and maintenance of sanitation systems (sewage collection and treatment). Furthermore, it is important that the already low water resources are effectively protected from any hazards (bacteriological or chemical) and that they are treated so as to produce water of a quality that meets physicochemical and biological standards of potability.

After a presentation of data on the mobilisation of the principal



*La nouvelle politique de l'eau initiée en Algérie ces dernières années a été surtout axée sur la réforme de la gestion de la distribution de l'eau.*

*In Algeria, the new policy on water introduced during the last few years has focussed on reforming, water management and distribution.*

pales ressources hydriques en Algérie, nous nous intéresserons à la problématique de la qualité des eaux et en particulier à certains facteurs de dégradation de celle des eaux de surface. Nous pourrions également faire une rapide appréciation de l'efficacité des installations permettant la préservation de ces ressources.

### **Mobilisation des ressources en eau**

En Algérie, les ressources hydriques consistent d'une part en eaux souterraines et d'autre part en eaux superficielles. Les besoins en eau à l'horizon 2010 sont estimés à 5,5 milliards de m<sup>3</sup> dont 2,2 en eau potable et industrielle [1]. La pression démographique, l'urbanisation accélérée sous la poussée de l'exode rural et les activités qui dépendent de l'eau, notamment les grands centres industriels et l'agriculture en irrigué, ont fait du secteur de l'hydraulique, dès le deuxième plan quinquennal, une priorité nationale. L'accroissement des besoins en eau et les fuites considérables (plus de 40 %) dans les réseaux d'alimentation en eau potable ont provoqué d'énormes déficits en eau et l'on a dû avoir recours à la mobilisation des eaux superficielles d'autant que les réserves souterraines du nord du territoire montraient une tendance à l'épuisement. Le programme en matière de réalisation d'ouvrages de mobilisation et notamment de barrages a nécessité, à l'horizon 2010 un investissement de plus de 30 milliards de dinars [2].

Il peut paraître que l'Algérie dispose, à l'heure actuelle, de potentialités importantes en ressources tant souterraines que de surface. Le tableau 1 résume les données concernant les principales ressources potentielles et mobilisées ainsi que leurs emplois. Toutefois, les observations les plus importantes à dégager sont les suivantes :

- les potentialités en ressources en eau présentent le sérieux inconvénient d'être inégalement réparties sur un vaste territoire et fortement dépendantes des conditions climatiques. Ces disparités régionales seraient en effet étroitement liées à la répartition générale de la pluviométrie. Le territoire algérien couvre une superficie de 238 000 km<sup>2</sup> dont 85 % correspondent à la zone désertique où les précipitations sont quasi nulles. Les précipitations suivent donc une zonalité Nord-Sud mais également Est-Ouest puisque l'Oranie (Nord-Ouest du pays) ne draine que 25 % des écoulements. Globalement, les apports pluviométriques dans le nord du pays sont évalués en moyenne à 100 milliards de m<sup>3</sup> par an dont 85 % s'évaporent dans l'atmosphère et seulement 15 % constituent l'écoulement souterrain et superficiel.
- sur l'écoulement superficiel total (12,5 milliards de m<sup>3</sup>), le volume mobilisable est estimé à 50 % sur la base de l'inventaire des sites de barrages effectué à ce jour. Toutefois, en raison du relief souvent accidenté et des efforts financiers considérables, le volume régulé actuellement est de 2 milliards de m<sup>3</sup> avec 98 barrages en exploitation. Leur nombre place l'Algérie au premier rang dans le monde arabe et au deuxième rang dans le continent africain [2].
- les barrages algériens ont des capacités moyennes, le plus grand volume (450 Hm<sup>3</sup>) est mobilisé sur le barrage de Gargar (Relizane). Cependant, l'envasement des barrages est un phénomène particulièrement spectaculaire surtout dans la zone nord du pays qui est livrée

*water resources in Algeria, we shall turn to the problem of water quality and in particular to certain degradation factors affecting the quality of surface water. We shall also make a rapid assessment of the effectiveness of the installations designed to preserve these resources.*

### **Mobilisation of water resources**

*In Algeria, water resources consist of groundwater on the one hand and surface water on the other hand. It is estimated that water requirements by the year 2010 will be 5.5 billion m<sup>3</sup> including 2.2 billion m<sup>3</sup> in potable and industrial water [1]. Demographic pressure, accelerating urbanisation fuelled by rural migration and activities that are water-dependent, notably the big industrial centres and irrigation-based agriculture, have meant that the water sector has been considered a national priority ever since the second five-year plan. Increasing water requirements and a considerable level of leakage (over 40%) in drinking water supply networks have created enormous water deficits and it has proved necessary to turn to the exploitation of surface water, especially since groundwater reserves in the north of the country were tending to run out. The civil engineering programme for water exploitation, in particular the construction of dams, will have required investments of over 30 billion dinars by the year 2010 [2].*

*It may seem that at the present time Algeria has considerable potential resources both in terms of groundwater and surface water. Table 1 summarises the data on the main resources, both potential and mobilised, and the uses to which they are put. The most important points that can be identified are as follows:*

- *Potential water resources have the serious drawback of being unevenly distributed over a vast territory and heavily dependent on climatic conditions. These regional disparities would appear to be closely linked to the overall distribution of rainfall. Algeria covers an area of 238,000 km<sup>2</sup>, of which 85% corresponds to the desert zone where there is virtually no precipitation. The pattern of precipitation can therefore be divided into northern and southern zones. However, there is also an east-west division since the Oran region (north-west of the country) drains only 25% of the surface run-off. Overall, the mean pluviometric contribution in the north of the country is evaluated at 100 billion m<sup>3</sup> per year, of which 85% evaporates into the atmosphere and only 15% thus constitutes the subdrainage and surface drainage.*
- *Of the total surface drainage (12.5 billion m<sup>3</sup>), the exploitable volume is estimated to be 50% based on the inventory of dam sites conducted to date. However, due to the often rugged terrain and the considerable financial investments, the volume currently managed is 2 billion m<sup>3</sup> with 98 dams in operation. Their number places Algeria first in the Arab world and second on the African continent [2].*
- *Algerian dams are of medium capacity, the largest in terms of volume (450 Hm<sup>3</sup>) being the dam at Gargar (Relizane). However, silting up of dams is a spectacular phenomenon especially in the northern part of the country which suffers heavy erosion. The*



**La quantité des eaux usées urbaines rejetées annuellement en Algérie est estimée à environ 500 millions de m<sup>3</sup> dont seulement 6% sont épurées.**

**The estimated quantity of municipal wastewater discharged each year in Algeria is in the region of 500 million m<sup>3</sup> of which only 6% is treated.**

à l'érosion. La quantité de sédiments déposée dans les barrages a été évaluée à 540 Hm<sup>3</sup> en 1995, soit environ 11 % de la capacité totale. Un volume supplémentaire de 100 Hm<sup>3</sup> est prévu d'ici l'an 2000 [3]. Les programmes de lutte contre l'envasement (traitement des bassins versants, drainage des retenues, dragage...) nécessitent des investissements assez lourds. Ainsi selon l'expérience déjà acquise sur le barrage du Fergoug, le dévasement a atteint un coût de 14,50 dinars/m<sup>3</sup>.

- Les transferts inter-régionaux peuvent constituer une solution aux disparités des ressources en eau et permettent de valoriser au mieux ces ressources. On peut citer le transfert Mostaghanem-Arzew-Oran ou celui d'Ighil Emda-Medouane (Sétif).

- Dans le sud du pays, les eaux de ruissellement sont exploitées par deux barrages Djorf Torba (Béchar) et Foum El Gherza (Biskra) dont les ressources sont assez faibles et aléatoires. Les ressources hydriques souterraines proviennent des nappes du complexe terminal et du continental intercalaire [4]. Ces eaux sont très salées et leur minéralisation peut dépasser 7 g/l, ce qui entraîne la salinisation des terres irriguées qui peut provoquer une baisse de la productivité agricole. Ce phénomène est accentué par le retard accumulé pour la mise en place ou l'amélioration des réseaux de drainage afin de conserver aux sols leur fertilité. Ceci limite aussi le développement et met en danger la pérennité de certaines régions (cas de la palmeraie d'El-Oued) [5].

- Enfin, notons à travers le tableau 1, l'absence d'une répartition

quantity of sediment deposited in the dams was evaluated at 540 Hm<sup>3</sup> in 1995, representing some 11% of the total capacity. An additional volume of 100 Hm<sup>3</sup> is expected by the year 2000 [3]. Programmes to deal with silting (treatment of drainage basins, drainage of dams, dredging, etc) require fairly heavy investment. Thus, according to the experience already gained at the dam at Fergoug, desilting operations there cost 14.50 dinars/m<sup>3</sup>.

- Inter-regional transfer of water may provide a solution to the problem of disparities in water resources and allow better use to be made of these resources. Examples of this are the transfers from Mostaghanem-Arzew-Oran and from Ighil Emda-Medouane (Sétif).

- In the south of the country, runoff water is exploited by two dams, Djorf Torba (Béchar) and Foum El Gherza (Biskra), whose resources are fairly poor and unreliable. Groundwater resources are provided by the deep "complexe terminal" and "continental intercalaire" aquifers [4]. These waters are highly saline and their mineralisation may exceed 7 g/l, which may lead to the salinization of the irrigated land, and could thus trigger a drop in agricultural productivity. This phenomenon is accentuated by the accumulated delays in the installation or improvement of drainage networks in order to keep the soil fertile. This also limits development and threatens the future of some regions (for example, the palm stand at El-Oued) [5].

- Lastly, Table 1 illustrates the lack of rational distribution of

rationnelle des ressources en eau entre les différents secteurs économiques et le faible part consacrée à l'alimentation en eau potable et industrielle. De plus, sauf exception, on ne distingue pas la part consacrée à l'AEF de celle destinée à l'industrie. Ceci pose, en particulier, le problème du rôle parasitaire de certaines unités industrielles qui ont recours à un raccordement sur les réseaux publics urbains ou, au mieux, à des prélèvements de quantités considérables d'eaux brutes dans les barrages.

A cela s'ajoute l'urgence d'agir avec une plus grande efficacité sur la gestion des eaux depuis le captage jusqu'à l'utilisateur. A ce sujet, il y a lieu de rappeler la nécessité de créer des périmètres de protection des ressources en eau, limiter la pollution des rejets d'eaux usées urbaines ou industrielles et améliorer les performances du traitement des eaux destinées à la consommation humaine. Ce dernier point nous amène à introduire l'aspect qualitatif des eaux de boisson algériennes et en particulier celles qui dérivent des eaux de surface.

## **Qualité des eaux destinées à la consommation**

### **Contrôle de la qualité des eaux**

Cette problématique met l'accent sur les effets de la qualité des eaux sur les écosystèmes naturels et sur la santé publique. Il n'existe pas de normes de potabilité propres à l'Algérie mais les analyses effectuées sont valablement confrontées aux normes de l'OMS.

Toutefois, seules des analyses globales et ponctuelles sont effectuées compte tenu de l'état actuel de l'équipement des laboratoires spécialisés dans l'étude de la qualité des eaux. Des laboratoires tels celui de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH), ou ceux rattachés aux entreprises régionales de production d'eau potable réalisent des analyses dites de série ou fondamentales.

Des analyses plus spécifiques, notamment dans le cas de pollutions accidentelles par des rejets industriels (métaux lourds, détergents, hydrocarbures...) sont parfois réalisées par les services de toxicologie souvent rattachés aux centres hospitaliers. Quant à la qualité bactériologique des eaux, elle est souvent déterminée par des campagnes épidémiologiques réalisées conjointement par l'institut Pasteur d'Algérie, l'institut national de santé publique et les secteurs sanitaires régionaux. Toutefois, on ne peut affirmer que les eaux naturelles aient pu faire, jusqu'à présent, l'objet d'analyses systématiques et régulières de contrôle ou de surveillance de pollution par certains effluents.

### **Caractéristiques physico-chimiques des eaux et sources de pollution**

La plupart des eaux algériennes présentent une minéralisation importante pouvant dépasser 1500 mg/l même au nord du pays. Ces eaux sont mi-dures à dures avec des TH voisins de 30 °F au nord et dépassant largement la norme de l'OMS (50 °F) dans les eaux souterraines du sud algérien (6,7); Les eaux de surface présentent des concentrations relativement élevées en matières en suspension chargées par les oueds notamment en période de crue et dépassant parfois 500 mg/l. La charge organique naturelle telles que les substances

*water resources between the different economic sectors and the small proportion that is devoted to the supply of drinking and industrial water. Furthermore, the part devoted to the supply of drinking water is barely distinguishable from that devoted to industry. This raises the question of the parasitic role of some industrial units which are connected to public municipal networks or, at best, draw off large quantities of raw water from dams.*

*To this must be added the urgent need for effective action to improve the management of water all the way from catchment to the user. In this respect, one must also bear in mind the need to create protection zones around water resources, limit pollution from urban or industrial wastewater discharges and improve the performance of water treatment for human consumption. This last point brings us to the quality aspect of Algerian drinking water, and in particular that which is derived from surface water.*

## **Quality of potable water**

### **Water quality control**

*This problem places the accent on the effects of water quality on natural ecosystems and public health. While Algeria has not developed its own drinking water standards, the analyses carried out can effectively be studied in terms of WHO standards.*

*However, only global and occasional analyses are carried out given the current level of equipment in laboratories specialising in the study of water quality. Laboratories such as that of the National Water Resources Agency (ANRH, Agence nationale des ressources hydrauliques) or those attached to regional drinking water production facilities conduct what are known as serial and extended analyses.*

*More specific analyses, notably in the event of accidental pollution by industrial discharges (heavy metals, detergents, hydrocarbons, etc.) are sometimes carried out by the toxicological services, which are often hospital-based. As for the bacteriological quality of water, it is often determined during epidemiological campaigns carried out jointly by the Algerian Pasteur Institute, the National Public Health Institute (Institut national de santé publique) and the regional sanitary sectors. It cannot however be said that, up to now, natural water has been subjected to systematic and regular control or surveillance in respect of certain types of discharge.*

### **Physicochemical characteristics of water and sources of pollution**

*In Algeria most of the water has a high level of mineralisation, which may exceed 1,500 mg/l even in the north of the country. The water is hard to semi-hard, with total hardness in the region of 30 French degrees in the north and greatly exceeding the relevant WHO standard (50 French degrees) in groundwater in the south of the country (6,7). Surface water presents relatively high concentrations of suspended solids carried along by the wadis especially in periods of flooding and sometimes exceeding 500 mg/l. The natural organic load, such as humic substances, remains within accep-*



humiques reste dans les limites acceptables (3 à 6 mgsh/l) ou 5 à 6 mg/l en COT [6].

Mais à cela peuvent se combiner d'autres facteurs de détérioration de la qualité des eaux notamment la pollution.

Les principales sources de pollution des eaux naturelles sont liées aux rejets urbains, aux effluents industriels et à certaines pratiques agricoles. Il faut en effet signaler que l'épuration des rejets domestiques et industriels est souvent insignifiante, les installations étant absentes ou fonctionnant mal. La quantité des eaux usées urbaines rejetées annuellement est estimée à environ 500 millions de m<sup>3</sup> dont seulement 6 % sont épurés. Il existe actuellement 46 stations dont 14 seulement sont fonctionnelles [8]. Les autres stations d'épuration sont à l'arrêt pour des raisons techniques, organisationnelles ou financières.

En effet, il faut signaler que la gestion de ces stations implique des dépenses que les communes ne peuvent pas toujours assumer. De plus, il faut noter l'absence d'un personnel qualifié pour le fonctionnement des installations et l'inadéquation de certains procédés d'épuration avec la charge polluante, sa nature et les conditions socio-économiques de la région. Par ailleurs, certaines stations connaissent des perturbations causées par le déversement des eaux usées industrielles non traitées à la source. Des rejets d'unités fabriquant des accumulateurs à plomb, des tanneries, des effluents chargés en hydrocarbures, en produits laitiers divers sont ainsi signalés au niveau des réseaux d'assainissement des villes considérées [9].

Une estimation assez récente avance un chiffre de 220 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées industrielles rejetées par an dont 15 % seulement sont épurés [10], le reste étant évacué à l'air libre, vers les oueds ou la mer, les chotts (au Sahara).

L'utilisation excessive de pesticides et d'engrais chimiques et les pra-

table limits (3 to 6 mgSH/l) or 5 to 6 mg/l of TOC [16].

In addition to this however, other factors may be responsible for a deterioration in the quality of water.

The main sources of pollution of natural water are municipal discharges, industrial effluents and certain agricultural practices. It should be pointed out that the treatment of domestic and industrial discharges is often insignificant, the necessary installations being either non-existent or functioning badly. The estimated quantity of municipal wastewater discharged each year is in the region of 500 million m<sup>3</sup> of which only 6% is treated. There are currently 46 sewage works of which only 14 are operational [8]. The remainder are out of action for technical, organisational or financial reasons.

It should be pointed out that the management of these works involves expenditure that the communities are not always in a position to meet. It should also be noted that there is a lack of qualified personnel to run the installations and that certain treatment processes are inappropriate for the existing load and type of pollutants and for the socio-economic conditions of the region. Moreover, some treatment works experience disturbances caused by the discharge of industrial wastewater that has not been treated at source. Discharges from factories producing lead-acid batteries and from tanneries, and effluents with high levels of hydrocarbons or various milk products have thus been reported in the sewer systems of the towns concerned [9].

A fairly recent estimate has put the figure at 220 million m<sup>3</sup> of industrial wastewater discharged each year of which only 15% has been treated [10], the remainder simply being discharged in the open air into the wadis or the sea, or, in the case of the Sahara, the chotts.

**Table 1: Principal water resources and distribution by sector of consumption**

Type of resource	Principal resources	Potential volume (m <sup>3</sup> /year)	Volume mobilised (m <sup>3</sup> /year)	Exploitation constraints	Distribution of total consumption by sector
Groundwater (aquifers)	North - High Atlas - Middle Atlas - Rif - Sahara	2 billion	1.8 billion	- Growing demand - Rainfall deficit - Overexploitation	Small and medium irrigation (15 to 20%) Drinking and industrial water (15 to 20%)
	South - "Sahelian aquifers" - "Saharan aquifers"	5 billion	500 to 600 million	- Great depth - Need to treat	
Surface water	Basins of the - Tellian Atlas - Sahelian coastline (98 dams)	12.5 billion	2 billion	- Sites in rugged terrain - High cost - Silting - Rainfall deficit - Need to treat  - Increasing demand	Large scale irrigation (30 to 40%) Hydroelectric power (20 to 25%) Drinking and industrial water (10 to 20%)

tiques d'irrigation inappropriées constituent également une source de pollution chimique si l'on en juge par l'augmentation des niveaux de nitrates et de pesticides dans les eaux naturelles ou dans les produits de culture [11,12]. Il y a donc lieu de ne pas négliger les risques réels de pollution qu'encourent toutes les ressources en eaux et notamment les plus vulnérables telles les nappes phréatiques et les eaux de surface régularisées. Cependant, au vu de quelques études sur les eaux destinées à la boisson, il apparaît que les eaux souterraines restent encore suffisamment protégées. Quant aux barrages, bien que des pollutions accidentelles et massives puissent survenir, il semble que la dégradation de la qualité de leurs eaux n'ait pas atteint des proportions alarmantes si l'on se réfère aux résultats d'analyses effectuées sur plusieurs de ces eaux.

### Conclusion

Au vu de ce rapide tour d'horizon du problème de l'eau en Algérie, il peut paraître que la solution au déficit en eau dans un pays majoritairement semi-aride soit dans les moyens mis en œuvre pour la mobilisation des ressources hydriques dont les potentialités sont considérables. En fait, il est aussi important de renforcer la gestion de ces ressources de façon optimale et dont la politique devra s'inscrire dans une stratégie axée sur la durabilité du développement du secteur de l'hydraulique. Ainsi, la lutte contre les fuites dans les réseaux tant d'alimentation en eau potable que d'assainissement, contre les surconsommations industrielles et surtout le contrôle de la qualité des eaux rejetées par les activités humaines ne peuvent que mener à une économie substantielle des ressources en eau mais aussi une économie sur les investissements financiers tout en veillant à atteindre les objectifs sanitaires postulés. La mobilisation, le transport, le traitement et la distribution de l'eau nécessitent d'importants moyens financiers dont l'état ne peut assurer indéfiniment la totalité de la charge. A cet effet, le principe du pollueur payeur édicté par la nouvelle politique de l'eau engagée par le ministère de l'équipement devra être mis en pratique et généralisé. ■

*The excessive use of pesticides and chemical fertilisers and inappropriate irrigation practices also constitute a source of pollution judging from the increase in nitrate pesticide levels in surface or groundwater or in agricultural products [11,12]. There is every reason therefore not to ignore the very real risks of pollution facing all the water resources and especially the most vulnerable, such as aquifers and controlled surface water. Nevertheless, from the various studies on water intended for domestic consumption, it would appear that the groundwater is still sufficiently protected. As for the dams, although accidental and massive pollution may occasionally occur, there does not seem to have been an alarming deterioration in the quality of their water judging from the results of analyses carried out in several cases.*

### Conclusion

*From this rapid review of the water situation in Algeria, it might seem that the solution to the water deficit problem in a country that is largely semi-arid lies in the means being implemented to exploit the country's considerable potential water resources. It is in fact also important to strengthen the management of these resources in an optimal manner, with a policy based on a strategy that will ensure the durable development of the water management sector. Thus, a move to control leakages from both the water supply network and the sewage system, reduce industrial overconsumption and, especially, control the quality of water discharges resulting from human activity is bound to result in a substantial saving in water resources, but also a saving on financial investments, care being taken to ensure that the declared sanitary objectives are attained. The exploitation, transport, treatment and distribution of water require considerable financial resources which the State will not be able to go on meeting in full indefinitely. With this in mind, the "pay as you pollute" principle enacted by the new water management policy introduced by the Ministry of Equipment will have to be put into practice and applied everywhere. ■*

### References

- Achour S., (1992), *La chloration des eaux de surface algériennes et ses effets sur la formation des composés organohalogénés*, Thèse de Magister, ENP, Alger.
- Achour S., (1990), *La qualité des eaux du Sahara septentrional en Algérie: Etude de l'excès de fluor*, Tribune de l'Eau, 42, 53-57.
- Benlala A., (1995), *Mobilisation des ressources en eau*, Santé plus, 45, 39-42.
- Bentir M., (1996), *L'épuration des eaux usées urbaines en Algérie, Etat actuel et perspectives*, Edil - Inf-Eau, 11, 4-6.
- Chalal M., (1998), *Pollution de l'eau et procédés d'épuration - Aspects techniques et institutionnels*, Edil - Inf-Eau, 20, 9-15.
- Amirouche F., (1999), *Pour un meilleur développement et protection du littoral, symbiose (Environnement)*, 5, 22-27.
- Boussenadji R., Brahimi F., (1994), *Les nitrates dans les eaux de consommation*, Santé plus, 36, 22-24.
- Boussahel R., (1996), *Recherche et dosage des résidus de la deltaméthrine dans certains aliments*, Thèse de Magister, ENP, 1996.
- Meskouri M., (1999), *Zones sahariennes - un environnement aride, Symbiose (Environnement)*, 5, 33-35.
- Remini B., (1996), *Envasement des retenues de barrages en Algérie, Doctorat d'Etat en Hydraulique*, ENP, Alger.
- UNESCO (rapport), (1972), *Etude des ressources en eau du Sahara septentrional*.

## Technique des petits barrages en Afrique sahéenne et équatoriale

Jean-Maurice Durand, Paul Royet, Patrice Mériaux

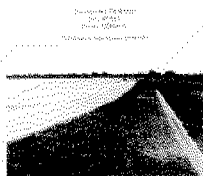
ISBN 2-85362-511-7, 1999 - format 17 x 24 cm, broché, 415 pages, Prix : 345 F TTC

Cemagref Éditions - B.P. 22 - F 92162 Antony Cedex - Tél. : (33) 1 40 96 61 32 - Fax : (33) 1 40 96 61 64 - Web :

<http://www.cemagref.fr>

Diffusion : Publi-Trans - B.P. 22 - F 91167 Longjumeau Cedex 9 - Tél. : (33)1 69 10 85 85 - Fax : (33)1 69 10 85 84

TECHNIQUE  
DES PETITS BARRAGES  
EN  
AFRIQUE SAHÉENNE ET ÉQUATORIALE



Cemagref

Le développement de l'Afrique suppose la maîtrise des ressources en eau, parmi lesquelles les eaux de surface qui ont une importance vitale pour toute entreprise agricole ou pastorales entre autres. Depuis plusieurs décennies, l'édification de petits barrages a été une solution

très largement utilisée pour résoudre les délicats problèmes de mobilisation des ressources en eau" annonce en avant-propos Jean-Maurice Durand, coauteur et coordinateur de la rédaction de cet ouvrage.

Le Cemagref, ou Centre d'Études du Machinisme Agricole, du Génie Rural et des Eaux et Forêts est un établissement de recherche appliquée sous tutelle du ministère français de l'Agriculture. Cet organisme public œuvre principalement dans les domaines de l'aménagement rural, de zoologique à la gestion économique de l'eau. Ce manuel capitalise plusieurs décennies d'expérience dans la construction de petits barrages en Afrique sahé-

enne et équatoriale, tout en proposant à chaque fois que cela semble opportun quelques techniques souvent utilisées dans d'autres régions du monde.

Sous le terme de petits barrages, l'ouvrage traite des barrages de moins de 15 mètres de hauteur, selon la définition internationale.

En sept chapitres, l'ouvrage aborde sept grands thèmes dans l'ordre :

- Études préliminaires et choix des sites;
- Conception des évacuateurs de crues et des ouvrages annexes;
- Conception des barrages en ramblai;
- Conception des barrages en maçonnerie ou en béton;
- Conception des structures en

gabions;

- Le chantier de construction : préparation, organisation, exécution, contrôle...

- Surveillance et entretien des barrages en service.

Par rapport l'ouvrage de référence qui datait de 1968, des préoccupations nouvelles ont été introduites ou plus largement développées, telles que les études d'impact, le suivi des barrages en service et leur entretien.

Ainsi conçu, cet ouvrage répond au vœu du Conseil des ministres de tutelle de l'EIER, de mettre à la disposition des concepteurs des documents pratiques susceptibles de les aider dans les choix techniques et les prises de décision.

## Un CD-ROM pour développer Internet au Sud

ISBN 2-7099-1378-X Prix : 50 FF

Internet au Sud - 433 pages de documentation - 245 Mo de logiciels libres ou partagés

Diffusion en Afrique à prix réduit

Orstom-Edition - 32 avenue Henri Varagnat - F-93143 Bondy Cedex - Tel : +33 1 48 02 55 00 - Fax : + 33 1 48 02 79 09 -

E-mail : [diffusion@bondy.orstom.fr](mailto:diffusion@bondy.orstom.fr)

Ce CD-Rom est destiné à la formation et à l'auto-formation des "experts internet" dans les pays du Sud. Il contient des documents pédagogiques, des manuels d'installation et des textes de réflexion et de recherche sur les incidences de la "société de l'information" dans les pays du Sud.

En voici les principaux éléments :

- Présentation de l'Internet - Fournisseurs d'accès Internet en Afrique francophone
- Liaisons et protocoles : Installation des logiciels serveurs sous UNIX Linux, DNS, courrier, WWW, FTP, UUCP, PPP, listes - Installation des logiciels clients sur PC et

Macintosh TCP-IP, UUCP, message-ric, Web

- Architecture des réseaux de campus;
- Recherche d'informations, Publication électronique;
- Sécurité et confidentialité;
- Les projets de coopération : Internet et le développement;
- Logiciels gratuits (graticiels) ou partagés (partagiciels).

A travers le nombre des auteurs de ce CD-Rom et la diversité de leurs compétences on voit déjà, à travers la liste suivante, la richesse d'information qu'il représente :

Lala Andriamampianina (École Supérieure Polytechnique d'Antana-

narivo, Madagascar), Serge Aumont (Université de Rennes, France), Stéphane Bortzmeyer (Institut Pasteur, France), Christophe Brun (Orstom, Sénégal), Annie Cheneau-Loquay (CNRS-Orstom, France), René Cluzel (UNESCO, France), Alex Corenthin (École Supérieure Polytechnique, Dakar, Sénégal), Mesmin Dandjinou (École Supérieure d'Informatique, Bobodioulasso, Burkina Faso), Pierre Gazin (Orstom, France), Jean-François L'Haire (Université de Genève, Suisse), Philippe Laublet (Université Paris-Sorbonne, France), Jean Marchal (Coopération Française), Erwan Mas (Orstom, France), Monique

Michaux (Orstom, France), Alain Oguse (Université Bordeaux 3, France), Pierre Oudart (DGLF Ministère de la Culture, France), Pascal Renaud (Unitar-Orstom), Tidiane Seck (BSP, Dakar, Sénégal), Oumtanaga Souleymane (Institut National Polytechnique, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire), Astrad Torres (Université de Rennes, France), Bernard Tuy (Urec Cnrs, France), Luc Veillon (Orstom, France), Christophe Wolfhugel, (Institut Pasteur, France), Gaston Zongo (Observatoire Economique des Télécommunications d'Afrique, Dakar, Sénégal), Sylvain Zongo (Orstom, Burkina-Faso).

# LE CALENDRIER

DATES	LIEUX	MANIFESTATIONS	RENSEIGNEMENTS
16-17 février	Londres (GB)	Sewage sidge : disposal, treatment and use	IBC Global Conferences Ltd (Mme Richards), Gilmora House, 57-61 Mortimer Street, London W1N 8JX (Grande-Bretagne). Tél. 00 +44 (0)20 74 53 5496. Fax 00 +44 (0)20 7636 6858. E-mail : cnst.serv@cnk.co.uk
16-19 février	Pattaya (Thaïlande)	OGT2000 - Oil & Gas Thailand 2000	Overseas Exhibition Ltd, 11 Manchester Square, London W1M 5AB (GB). Tél. 00 +44 (0) 20 7862 2000. Fax 00 +44 (0) 20 7862 2001
18 février	Bruxelles (Belgique)	Les techniques membranaires : une solution pour les effluents	Secrétariat Général du CFM, avenue F.D. Roosevelt, CP 800, B-1050 Bruxelles (Belgique). Tél. 00 +32 (0)67 88 04 34. Fax 00 +32 (0)67 88 04 77
21-24 février	Durban	UADE 2000 - 10e congrès de l'union africaine des distributeurs d'eau	Impact - UADE, 64 rue Jean-Pierre Timbaud, 75011 Paris. Tél. 01 40 21 12 88. Fax 01 40 21 12 86. E-mail : info@impact-design.com. http://www.impact-design.com
6-11 mars	Zaragoza (Espagne)	Smagua 2000 - International water exhibition, environmental exhibition	Feria de Zaragoza, Carretera Nacional II, km 311, P.O. box 108, E-50080 Zaragoza (Espagne). Tél. 00 +34 976 76 47 00. Fax 00 +34 976 33 06 49. E-mail : info@feriazaragoza.com
8-11 mars	La Chargaia Tunis (Tunisie)	Hydromed - Salon méditerranéen de l'eau	Exposervices Tunisie, 46 rue Ibn Charaf, 1002 Tunis (Tunisie). Tél. 00+216 1 790 890 ou 792 740. Fax 00 +216 1 794 200. E-mail : exposervices@Planet.in
11-17 mars	Melbourne (Australie)	The With World Water congress of the international water resources association (IWRA)	IWRA (Lisa McNaught). Tél. 00 +61 3 9682 0244. Fax 00 +61 3 9682 0266. E-mail : worldwater@iwrms.com.au
14-16 mars	Singapore (Asie)	Aquatech Asia 2000 - 4th asian trade exhibition of drinking water, process water and waste water technology	RAI Exhibition Singapore Pte Ltd (Jenny Ong), 1 Maritime Square #09-20, World Trade Centre, Singapore 099253 (Asie). Tél. 00 +65 272 22 50. Fax 00 +65 272 67 44. E-mail : raiexpo@singnet.com.sg
15-16 mars	Lyon	Prochim'2000 et Propharma'2000	Adhésion & Associés, Prochim'2000-Propharma'2000, 71 rue des Tilleries, 92771 Boulogne Cedex. Tél. 01 41 86 41 86. Fax 01 46 03 86 26. E-mail : prochim@adhes.com. E-mail : propharma@adhes.com
16-21 mars	La Hague (Pays-Bas)	World Water Fair	Amsterdam Rai, P.O. Box 77777, NL-1070 MS Amsterdam (Pays-Bas). Tél. 00 +31 20 549 1212. Fax 00 +31 20 549 1848. E-mail : worldwaterfair@rai.nl
20-25 mars	Hanovre (Allemagne)	Hannover Messe - Techniques de traitement des surfaces	Deutsche Messe AG, Messegelände, D-30621 Hannover (Allemagne). Fax 00 +49 5 11 789 3 26 26
4-5 avril	Liège (Belgique)	L'eau et les techniques membranaires	Cebedean (D. Van Den Ackerveken), rue Armand Stévant 2, B-4000 Liège (Belgique). Tél. 00 +32 (4)282 13 33. fax 00 +32 (4)254 03 63. E-mail : lvdvenne@ulg.ac.be
4-6 avril	Metz	Salon international des Eco-Industries	CCI de la Moselle, 10-12 ave Foch, B.P. 70390, 57016 Metz Cedex 1. Tél. 03 87 52 31 87. Fax 03 87 52 31 88. http://www.moselle.cci.fr
4-7 avril	Douai	IFEST France 2000	Gayant Expo, Parc des Expositions du Rivage Gayant, B.P. 93, 59502 Douai Cedex. Tél. 03 27 93 19 31. Fax 03 27 93 19 49. http://www.gyant-expo.fr
4-11 avril	Paris - La Vilette	Aqua-Expo, l'eau source de vie	Tél. 01 45 35 76 89
18-21 avril	New Dehli (Inde)	Environment India 2000	Exhibition India Pvt. Ltd, C-390 Defence Colony, New Dehli 110 024 (Inde). Tél. 00 +91 11 463 8680/81/82/83/84. Fax 00 +91 11 463 3320, 463 3506, 464 8692. E-mail : exhibitionsindia@vsnl.com. http://www.exhibitionsindia.org
25-27 avril	Bruxelles (Belgique)	Salon européen du recyclage	Exporec 2000 - Mack Brooks Exhibitions (Olivia Griscelli). Tél. 00 +44 (0)1707 275 641. Fax 00 +44 (0)1707 275 544. E-mail : mbe@exporec.com
9-12 mai	Bruxelles (Belgique)	Congrès du CEOCOR Gestion des risques de corrosion des canalisations	CEOCOR, 70 rue aux Laines, B-1000 Bruxelles (Belgique). Fax 00 +32 2 518 84 90
24-27 mai	Ferrara (Italie)	H2O Accadueo - Salon international de l'eau	Ferrara Fiere srl, Via Bologna, 534, I-44040 Chiesuol del Fosso (FE -Italie). Tél. 00 +390532 90 07 13. Fax 00 +39 0532 97 69 97. http://www.orec.com
28 mai - 2 juin	Moscon (Russie)	Ewatech 2000	
5-9 juin 2000	Toronto (Canada)	R'2000 recovery - recycling - re-integration - 5th world congress with company displays	Kuoni R'2000 Congress, P.O. Box 1791, CH-1211 Geneve (Suisse). Fax 00 +41 (0)22 908 18 35
6-8 juin	Copenhague (Danemark)	Groundwater 2000	International Hydrological Programme, HIP and meetings. http://www.unesco.org
7-9 juin	Paris-Le Bourget	Eurodéchets - salon européen du traitement des eaux et des déchets	Cap Expo, 8 rue Kervégan 44000 Nantes. Tél. 02 51 33 80 83. Fax 02 51 33 81 22.
26-28 juin	Cologne (Allemagne)	Entsorga 2000 - International recycling and waste disposal trade fair	KölnMesse (Hieke Schlubach), Postfach 21 07 50, D-50532 Köln (Allemagne). Tél. 00 +49 0221 821-0. Fax 00 +49 0221 821-25 74
27-30 juin	Havana	3rd symposium on ozone applications	Ozone Research Center (Dr Silvia Menendez Cepero, 25 Y 158 Plaza, P.O. Box 6860, Havana (Cuba). Tél. (53) 7 212 080/210 233. Fax (53) 7 390 497/210 233. E-mail : ozono@informed.aid.cu
29-31 mai	Cannes	2 <sup>e</sup> symposium international de l'eau	Réseau Méditerranéen et Chaire Unesco de l'eau, IRIM, Université De Nice Sophia-Antipolis, Parc Valrose, 06106 Nice Cedex 02. Tél. 04 92 07 68 01/03. Fax 04 92 07 68 00. E-mail : caruba@nice.fr
3-6 juillet	Paris	Paris 2000 - Quelle gestion des déchets pour le 21 <sup>e</sup> siècle	AGTHM, 83 ave Foch, B.P. 39.16, 75761 Paris Cedex 16. Tél. 01 53 70 13 51 ou 63. Fax 01 53 70 13 40. E-mail : agthm@agthm.org. Internet : www.agthm.org
3-7 juillet	Paris	1 <sup>er</sup> congrès mondial de l'association internationale de l'eau	AGTHM, 83 ave Foch, B.P. 39.16, 75761 Paris Cedex 16. Tél. 01 53 70 13 51 ou 63. Fax 01 53 70 13 40. E-mail : agthm@agthm.org. Internet : www.agthm.org
3-7 juillet	Caspi - (Italie)	New trends in water and environmental engineering for safety and life: eco-compatible solution for aquatic environments	International Hydrological Programme, HIP and meetings. http://www.unesco.org
17-19 juillet	Reykjavik (Islande)	The extremes of the extremes - International symposium on extraordinary floods	International Hydrological Programme, HIP and meetings. http://www.unesco.org
5-8 septembre	Ravenna (Italie)	Sisols 2000 - sixth international symposium on land subsidence	International Hydrological Programme, HIP and meetings. http://www.unesco.org
13-15 septembre	Bordeaux	Salon mondial de la construction des lignes, de la pose de canalisations, de l'aménagement et de l'entretien des voies	Idexpo (Christine de Ruffray), 58 bld Paul Vaillant Couturier, 94246 L'Hay-les-Roses Cedex. Tél. 01 46 65 18 94. Fax 01 46 63 26 00. E-mail : idexpo@wanadoo.fr
25-28 septembre	Singapore	Watertec Asia 2000	HQ link Pte Ltd, 150 South Bridge Road, #13-01 Pook Hai Building, Singapore 058727. Tél. 00 +65 63 46 558. Fax 00 +65 63 42 380. E-mail : hqlink@singnet.com.sg
26-29 septembre	Amsterdam (Pays-Bas)	Aquatech - International trade fair for the water industry	Amsterdam Rai (Mme Roosen), P.O. Box 77777, NL-1070 Ms Amsterdam (Pays-Bas). Tél. 00 +31 20 549 12 12. Fax 00 +31 20 546 44 69. E-mail : aquatech@rai.nl



# FAX...FAX...FAX...FAX

## NEW PRODUCTS for WATER DISINFECTION and TREATMENT

① Mark  the products for which you would like to receive literature

CHLORO+ chlorinator


5 years warranty

- + **more quality** bodies made of Chlorafflon®
- + **more safety** Clip/extractor for the lead gasket
- + **more accuracy** Sonic needle valve with protective sleeve



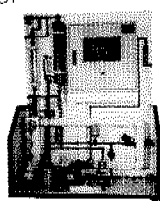
TRUITEL

- Pollution detector by monitoring of trouts movement
- Graphics
- Multiple thresholds
- Digital sonar interferences proof



BIOXY pure chlorine dioxide generator

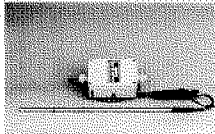
- Enrichment loop made of Chlorafflon®
- Integrated synoptic
- Yield controller
- No excess of chlorine or chlorite



SAGEP CHLORSCAN

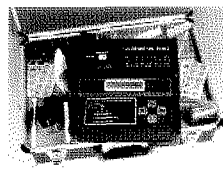
- Active chlorine sensor without maintenance
- No calibration
- Transmitter

Optional : analyzer with regulator or free chlorine



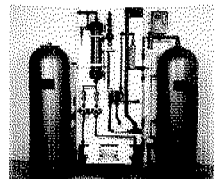
PCM2 colorimeter. Handy and accurate

- Chlorine with more accuracy
- Colorimetric & titrimetric simultaneous



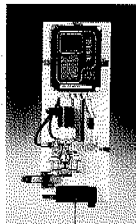
MARCELLUS Compact chlorine dioxide generator

- No minimum flow
- Integrated synoptic



Chlorine regulation AS20 analyzer

- RS485 input/output
- Integrated event datalogger
- Integrated regulator



Electro-chlorination

Production on the site of sodium hypochlorite by sodium chloride electrolysis (salt). Eliminate chlorine storage.

Rules posters

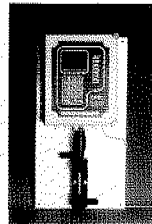
**X** - CHLORE - **X**

CONSIGNES POUR TOUTES INTERVENTIONS SUR UN CHLOROMETRE

- Plastic plate 45x31 cm to put on chlorination areas
- Plate "Chlorine storage" 20x13 cm to put on any chlorination cabinet or area

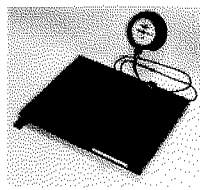
MODULO + chlorine gas modulating valve

- Accurate dosage even for small rates down to 1.5 g/h
- Integrated regulator
- Made of Chlorafflon®



Hydraulic scale


- For chlorine or SO<sub>2</sub> cylinder
- Chlorine weight indication and anticipation for the cylinder replacement.



CO Detector Carbon Monoxide (pocket housing)

Chlorine gas pocket generator for detector calibration

Cl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, ClO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> leak detector (wall mounted)



② WRITE HERE YOUR NAME AND ADDRESS :

Company..... Mr, Mrs, Miss..... First Name.....  
 Activity..... Speciality..... Function.....  
 Department.....  
 Tel..... Fax..... e-mail.....  
 Address.....  
 Area code..... City..... Country.....

③ Page to copy and fax or send to :

**CIFEC** - 12 bis rue du Cdt Pilot - 92200 Neuilly sur Seine - FRANCE  
 Fax : 33 (0)1 4640 0087 - Tél : 33 (0)1 4640 4949  
 e-mail : info@cifec-sa.fr web : www.cifec-sa.fr



# READER SERVICE

You may have come across information of interest in this issue and want to receive further information, free of charge.

**F**ind the reader **service numbers corresponding** to the products or services you are interested in, or (depending on the case) **the numbers of the pages concerned** and enter these **details legibly** in one of the boxes below.

**F**ill in the questionnaire at the bottom of this page to receive the **requested information free of charge as quickly as possible**

Then send it to us either by **fax at 33 (0)1 42 40 26 46**

**or by mail to : L'Eau, l'Industrie, les Nuisances, 30 rue René Boulanger, 75010 Paris France**

Information published in issue    of L'Eau, l'Industrie, les Nuisances

### TECHNICAL INNOVATIONS

Indicate the reader service numbers of interest to you

READER SERVICE NUMBER							
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

### ADVERTISEMENTS

Indicate page numbers concerned and advertiser names

PAGE	ADVERTISER
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

### EDITORIALS

Indicate page numbers concerned and titles of articles or reports

PAGE	ARTICLE TITLE
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Information sought :  name/address etc.  visit from a sales representative  
 full documentation  a meeting

Name : \_\_\_\_\_ Company name : \_\_\_\_\_

Address : \_\_\_\_\_

Postcode : \_\_\_\_\_ Town : \_\_\_\_\_ Country : \_\_\_\_\_

Telephone : \_\_\_\_\_ Fax : \_\_\_\_\_ E-mail : \_\_\_\_\_

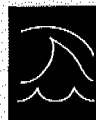
Organisme  Company  Commune  Other (specify) \_\_\_\_\_

Position : \_\_\_\_\_

Sector of activity : \_\_\_\_\_

Number of employees :  1 to 9  10 to 49  50 to 99  100 to 199  200 to 500  over 500

Please photocopy this sheet and fax to



**L'EAU, L'INDUSTRIE,  
LES NUISANCES**

**Fax : 33 (0)1 42 40 26 46**

30, rue René Boulanger - 75010 Paris - France

Internet : [www.editions-johanet.com](http://www.editions-johanet.com)

# THE MEDIA FOR ALL WHO SEEK QUALITY INFORMATION IN THE DOMAIN OF WATER AND THE ENVIRONMENT

## A LEADING REVIEW L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES



Truly a reference in the domain of water, this monthly review provides top quality information.

- Technical articles, devised and prepared by the best experts in the profession
- «Les Echos» brings you the latest news about the companies, water agencies, associations and generally all players and operators in this sector
- Technical innovations, a selection of the latest equipment on the market
- The book list with a presentation of the most recent publications
- Investigations, reportages
- Plus anecdotes on themes of interest in the domain of water

*Monthly review (12 issues a year).*

*Subscription price :*

*France : 620 F including tax or 94.51 €*

*Abroad : 720 F or 109.76 €*

## A DIRECTORY WITHOUT EQUAL LE GUIDE DE L'EAU

The «GUIDE DE L'EAU» with over 920 pages is a must for all people concerned with water on an industrial or urban scale. From research on water through to discharge via the different methods of treatment and purification, this work containing more than 20,000 names and addresses comprises four chapters :

**1 - THE INSTITUTIONAL FRAMEWORK :** Administrative structures both international and local, public establishments, legislative and regulatory texts.

**2 - THE PLAYERS :** The public authorities, research and study organisations, training establishments, associations, professional unions, approved laboratories, periodical publications, books, databases, electronic services, etc.

**3 - THE DATA :** The agencies and their projects

**4 - GOODS AND SERVICES SUPPLY :** Alphabetic director of suppliers and service providers, professional directory divided into themes.



*1998-1999 Issue, bound, 920 pages, format 21 x 29.7 cm, 1300 F incl. tax (or 198.18 €) book comes with its own CD-ROM.*



### MANY OTHER TITLES INCLUDING :



580 F TTC

LE LEXIQUE DE L'EAU, 384 pages



330 F TTC

LES AGENCES DE L'EAU by Jean-Loic Nicolazo, 200 pages



560 F TTC



820 F TTC



690 F TTC



660 F TTC

LA MAITRISE DES DECHETS INDUSTRIELS by Michel Maes, 450 pages

OPTIONS DECHETS by Michel Maes, 620 pages

LE PRIX DU DECHET by Michel Maes, 328 pages

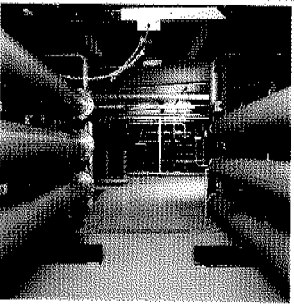
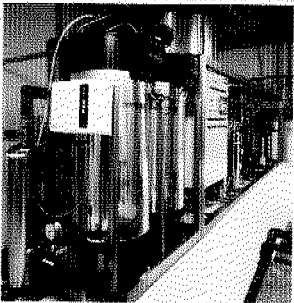
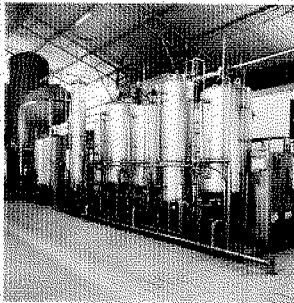
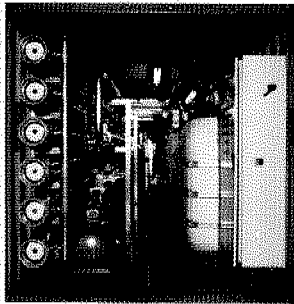
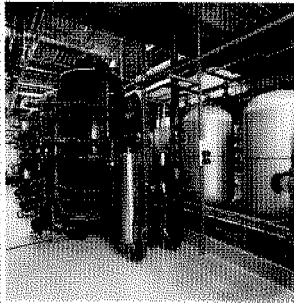
TECHNOLOGIES PROPRES ET SOBRES by Michel MAES, 348 pages

**ÉDITIONS JOHANET**

30, rue René Boulanger - 75010 Paris -- France  
Tél. 33 (0)1 44.84.78.78 - Fax 33 (0) 1 42.40.26.46

Internet: [www.editions-johanet.com](http://www.editions-johanet.com)





# PERMO, 75 years of INTERNATIONAL experience in WATER TREATMENT for Industrial processes

America • Asia • Africa • Europe • Middle East

Pharmaceutical

Beverage &

Food

Cosmetics

Energy

Petroleum

Hotel

Hospital

Textile



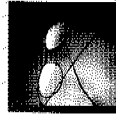
REVERSE OSMOSIS  
STERILISATION



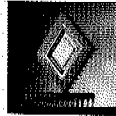
U.V.  
OZONE



ULTRA FILTRATION  
MICRO FILTRATION



SEPARATION TECHNIQUE  
ION EXCHANGERS



FILTRATION  
CHEMICALS



103, rue Charles Michels 93206 SAINT-DENIS Cedex - FRANCE  
Member of the "Office International de l'Eau, de l'Union des Entreprises d'Affinage de l'Eau" - U.A.E.  
(Union des Industries et Entreprises de l'Eau et de l'Environnement), SYPRODEAU and WQA.

BWT FRANCE - PERMO  
EXPORT DEPARTMENT

Tél.: + 33 1 49 22 46 48

Fax : + 33 1 49 22 45 30

e-mail : BWT @ wanadoo.fr