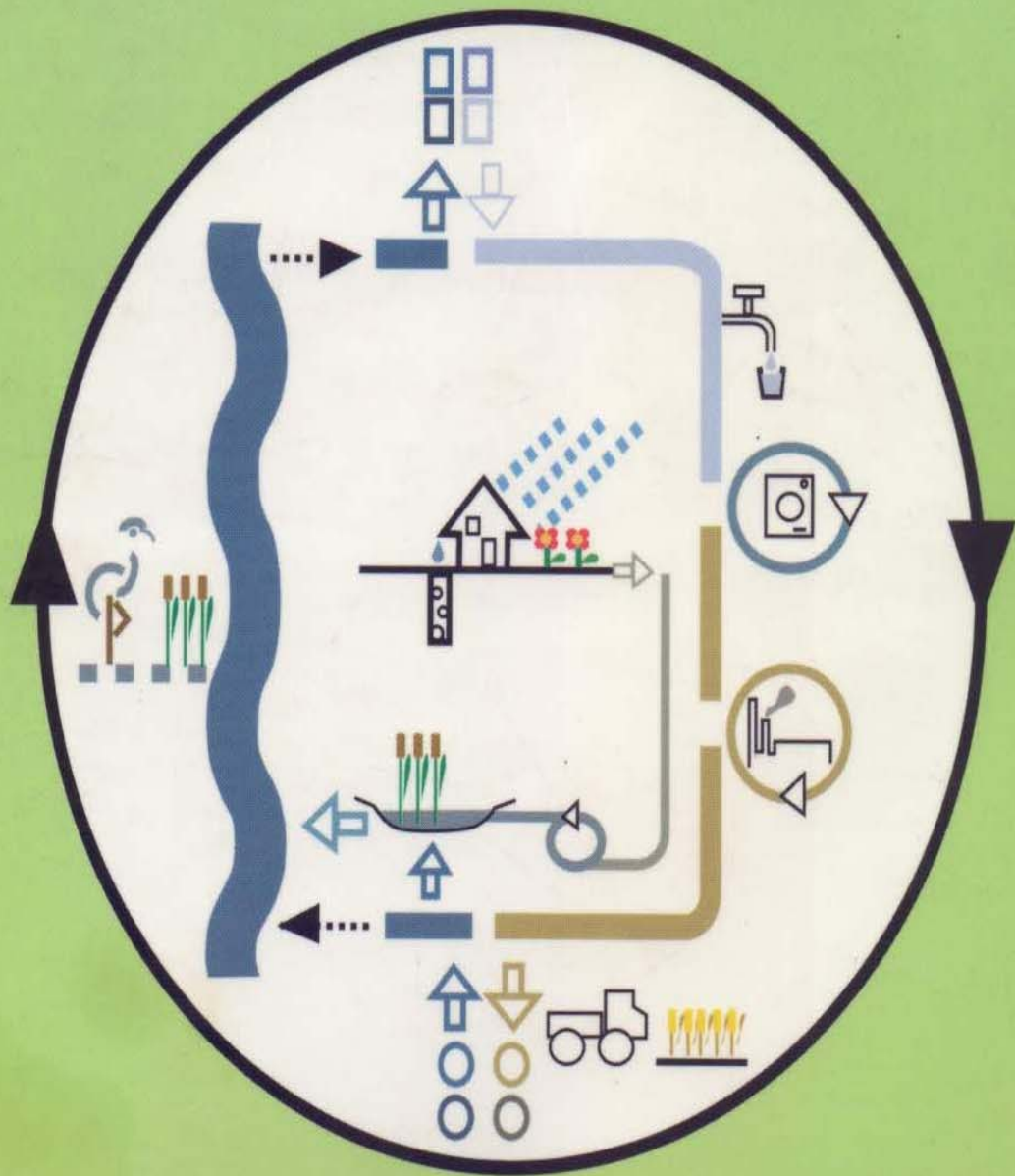


Les nouvelles frontières de la gestion urbaine de l'eau

Impasse ou espoir ?

Sous la direction de
Čedo Maksimović
José Alberto Tejada-Guibert
Pierre-Alain Roche



SOMMAIRE

1 - LES DÉFIS DE LA GESTION DE L'EAU URBAINE

1.1 INTRODUCTION	23
1.2 LE CONTEXTE URBAIN	24
1.2.1 Les principales forces de transformation et d'urbanisation	24
1.2.2 Population, eau et villes	29
1.2.3 Schémas de croissance urbaine et mutation des paradigmes	31
1.3 LA RECHERCHE DE VILLES VIVABLES	35
1.3.1 Les implications d'une croissance et d'un développement durables	35
1.3.2 Durabilité et systèmes de ressources en eau	39
1.3.3 Systèmes d'eau urbaine et villes durables	41
1.3.4 Mettre en place une gestion de l'eau urbaine durable	42
1.3.4.1 <i>Nouvelles configurations de systèmes de gestion de l'eau urbaine</i>	42
1.3.5 Vers un nouvel horizon de la planification et de la gestion	48
1.4 SPÉCULATIONS SUR L'AVENIR DE L'EAU URBAINE	50
1.5 RÉFÉRENCES	55

2 - L'EAU URBAINE COMME ÉLÉMENT DE LA GESTION INTÉGRÉE D'UN BASSIN VERSANT

2.1 INTRODUCTION	59
2.2 LES EFFETS DE L'URBANISATION SUR LES RESSOURCES EN EAU	60
2.2.1 Les effets climatiques	61
2.2.2 L'impact des rejets d'eaux usées urbaines sur les milieux récepteurs	62
2.2.2.1 <i>Impacts physiques</i>	63
2.2.2.2 <i>Impacts chimiques</i>	64
2.2.2.3 <i>Impacts sur la santé publique</i>	67
2.2.2.4 <i>Des combinaisons d'impacts</i>	69
2.3 LA GESTION INTÉGRÉE D'UN BASSIN VERSANT	70
2.3.1 L'approvisionnement en eau	73
2.3.2 Traitement et rejet des eaux usées	77
2.3.3 Protection anti-inondation et évacuation des eaux de ruissellement	80
2.3.4 L'eau comme élément d'agrément	85
2.3.5 Intégration des impératifs d'une gestion de l'eau	87

2.4 PLANIFICATION ET MISE EN PLACE D'UNE GESTION INTÉGRÉE DE L'EAU URBAINE	87
2.4.1 Processus de planification	88
2.4.1.1 <i>Définition du problème</i>	88
2.4.1.2 <i>Planification hiérarchique des solutions</i>	89
2.4.1.3 <i>La planification intégrée de l'eau urbaine au sein de la planification directrice du bassin versant</i>	92
2.4.1.4 <i>Les approches de la planification de nouveaux aménagements et de la mise à niveau des anciens</i>	93
2.4.1.5 <i>Considérations sur la planification de la gestion intégrée de l'eau dans les pays en développement</i>	94
2.4.2 Stratégie de mise en œuvre	94
2.4.3 Soutien législatif et administratif	96
2.5 CONCLUSIONS	97
2.6 RÉFÉRENCES	98

3 - INTERACTIONS AVEC L'ENVIRONNEMENT

3.1 INTRODUCTION	105
3.1.1 Le cycle de l'eau urbaine	106
3.1.2 Le cycle des nutriments	109
3.1.3 Les systèmes d'eau urbaine	110
3.2 LES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU	110
3.2.1 Les zones d'altitude	111
3.2.2 Les plaines	112
3.2.3 L'eau souterraine	112
3.2.4 La collecte des eaux de pluie	116
3.3 INFRASTRUCTURE	117
3.3.1 Le traitement de l'eau	117
3.3.1.1 <i>L'évacuation des boues de traitement</i>	118
3.3.1.2 <i>Effets des traitements sur la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution</i>	118
3.3.2 La distribution de l'eau	118
3.3.2.1 <i>Le changement de paradigme</i>	119
3.3.2.2 <i>Le nouveau rôle des systèmes de distribution de l'eau</i>	119
3.3.2.3 <i>Détection et gestion des fuites</i>	121
3.3.2.4 <i>Réhabilitation des systèmes vétustes – l'art contre la technologie</i>	123
3.3.3 L'assainissement urbain	124
3.3.3.1 <i>Les réseaux séparatifs d'eaux usées</i>	125
3.3.3.2 <i>Les réseaux séparatifs d'eaux pluviales</i>	126

3.3.3.3	<i>Les réseaux d'assainissement unitaires</i>	128
3.3.3.4	<i>Assainissement pluvial (contrôle à la source)</i>	131
3.3.4	Le traitement des eaux usées	134
3.3.4.1	<i>Traitement après collecte</i>	134
3.3.4.2	<i>Systèmes locaux</i>	135
3.3.4.3	<i>Traitement et évacuation des boues</i>	137
3.4	LES REJETS	138
3.4.1	Types de rejets	138
3.4.2	Contexte/Gravité	139
3.4.2.1	<i>Bassin versant urbain</i>	139
3.4.2.2	<i>Points de rejet</i>	139
3.4.2.3	<i>Milieu récepteur</i>	139
3.4.3	Impacts	141
3.4.3.1	<i>L'oxygène dissous</i>	141
3.4.3.2	<i>Sédiments</i>	142
3.4.3.3	<i>Nutriments</i>	143
3.4.3.4	<i>Toxiques</i>	144
3.4.3.5	<i>Les organismes microbiens</i>	144
3.4.3.6	<i>Qualité paysagère</i>	145
3.4.4	La réglementation	145
3.4.4.1	<i>Les approches de base</i>	145
3.4.4.2	<i>Évolution de la politique européenne</i>	146
3.4.4.3	<i>La Directive sur le traitement des eaux résiduaires urbaines</i>	148
3.4.4.4	<i>Directive sur la qualité des eaux de baignade</i>	149
3.4.4.5	<i>La Directive-cadre sur l'eau</i>	150
3.4.5	Normes sur les rejets intermittents	151
3.4.5.1	<i>La vie aquatique</i>	151
3.4.5.2	<i>Les eaux de baignade</i>	151
3.4.5.3	<i>Agrément</i>	152
3.5	COURS D'EAU ET PLANS D'EAU URBAINS	153
3.5.1	Cours d'eau et rivières	153
3.5.2	Lacs et étangs	154
3.5.3	Conclusions	155
3.6	INSTRUMENTS	156
3.6.1	L'aide de l'informatique	156
3.6.2	Les données	158
3.7	CONCLUSIONS	159
3.8	RÉFÉRENCES	160

4 - DÉVELOPPEMENT INTÉGRÉ DES ÉQUIPEMENTS URBAINS

4.1 INTRODUCTION	167
4.2 INTÉGRER ET VALORISER L'EAU DANS L'AMÉNAGEMENT URBAIN	168
4.2.1 Outils et méthodes de l'aménagement urbain	168
4.2.1.1 Une crise de l'urbanisme ?	168
4.2.1.2 Une armature urbaine durable intégrant des échelles de territoires variées	168
4.2.1.3 Les outils de la politique de la ville, de la planification urbaine, de l'aménagement du territoire et de la planification de l'eau en France	169
4.2.1.4 Deux facteurs essentiels : les prévisions démographiques et la densité urbaine	170
4.2.1.5 Les quartiers « spontanés »	176
4.2.2 Complexité du rôle de l'eau dans la ville	180
4.2.2.1 L'eau accessible dans la ville, enjeu social, économique et culturel	180
4.2.2.2 L'eau, matériau de l'« art urbain »	180
4.2.2.3 L'eau et l'hygiène publique	182
4.2.2.4 Le poids de l'existant	184
4.2.2.5 Les qualités de l'eau requises pour les usages	186
4.3 S'ADAPTER AUX DÉBORDEMENTS DES COURS D'EAU ET MAÎTRISER LE RUISSELLEMENT URBAIN	189
4.3.1 Que faire en zones inondables ?	189
4.3.1.1 Ne pas développer de nouvelles urbanisations dans les zones exposées	189
4.3.1.2 Valoriser l'espace en l'aménageant pour les loisirs	190
4.3.1.3 Construire ou réhabiliter en réduisant la vulnérabilité	192
4.3.1.4 Mettre à l'abri les équipements sensibles	193
4.3.1.5 Créer des voiries adaptées à des inondations occasionnelles	194
4.3.2 Maîtriser le ruissellement urbain	195
4.3.2.1 Les mesures réglementaires au niveau de l'urbanisme	195
4.3.2.2 Les mesures constructives limitant le ruissellement	198
4.3.2.3 Les moyens techniques locaux	198
4.3.2.4 Les bassins de retenue et leur intégration urbaine	201
4.3.2.5 Adapter la gestion urbaine aux risques d'inondation.	202
4.4 ALIMENTATION EN EAU POTABLE	203
4.4.1 Demande et ressources	203
4.4.1.1 Prévision des besoins en eau	203
4.4.1.2 Mesures pour limiter les investissements en nouvelles ressources	204

4.4.2 Conformité aux nouvelles réglementations et limitation des sous-produits	209
4.4.2.1 Raffiner encore la qualité de l'eau traitée	210
4.4.2.2 Utilisation des membranes dans le traitement de l'eau potable	210
4.4.3 Mise en œuvre de techniques de dessalement	213
4.4.3.1 Distillation	213
4.4.3.2 Distillation multistage (MSF)	214
4.4.3.3 Distillation à effets multiples (MED)	214
4.4.3.4 Osmose inverse (RO)	214
4.4.3.5 Comparaison de la distillation et des traitements sur membrane	215
4.4.3.6 Consommation d'énergie dans les procédés de dessalement	215
4.4.4 Retraitement des eaux usées issues de la production d'eau potable	216
4.4.5 Diversité des réseaux de distribution d'eau	217
4.4.5.1 Introduction	217
4.4.5.2 Les réseaux de distribution d'eau dans les pays développés	217
4.4.5.3 Réseaux de distribution d'eau urbains dans les pays en voie de développement	219
4.4.6 Qualité – Exploitation – Entretien – Maintenance	222
4.4.6.1 Qualité de l'eau fournie	222
4.4.6.2 Exploitation	223
4.4.6.3 Comptage de l'eau - Gestion de la clientèle	223
4.4.6.4 Entretien - Maintenance	224
4.5 COLLECTE DES EAUX USÉES ET DES EAUX PLUVIALES	225
4.5.1 Conception des réseaux	225
4.5.1.1 Réseaux unitaires	226
4.5.1.2 Réseaux séparatifs	227
4.5.1.3 Réseaux d'eaux pluviales	228
4.5.1.4 Réseaux sous vide et sous pression	230
4.5.2 Branchements privés	230
4.5.3 Raccordements des industriels	231
4.5.4 Stations de relevage	232
4.5.5 Qualité, entretien et exploitation	233
4.6 TRAITEMENT DES EAUX USÉES	234
4.6.1 Généralités	234
4.6.2 Vers des méthodes de traitement plus sûres	236
4.6.3 Pour de meilleures performances de traitement	237
4.6.4 Des équipements compacts et à nuisances réduites pour les zones urbaines	239
4.6.5 Intégration des filières (boues, déchets, énergie)	242
4.7 CONCLUSION	247
4.8 RÉFÉRENCES	249

5 - L'ÉMERGENCE DE NOUVEAUX PARADIGMES DES RESSOURCES EN EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT

5.1 CHANGER DE PARADIGME POUR LES TECHNOLOGIES NOUVELLES D'INFRASTRUCTURES D'EAU URBAINE	251
5.1.1 L'eau au XXI ^e siècle	251
5.1.2 L'assainissement urbain, premier pas vers la maîtrise de la pollution de l'eau	254
5.1.3 Dériver l'urine des conduites d'eaux usées pour maîtriser l'eutrophisation	255
5.1.4 Les avantages de la récupération de l'urine pour le recyclage des nutriments	257
5.1.5 Une question émergente : les perturbateurs endocriniens dans l'écosystème et les rejets d'hormones humaines	261
5.1.6 Une autre option importante pour l'assainissement urbain : l'assainissement écologique	263
5.2 ENVIRONNEMENT ET RÉHABILITATION DES INFRASTRUCTURES D'EAU VIEILLISSANTES	263
5.2.1 Introduction	263
5.2.2 L'évolution de l'équivalent habitant (EH)	264
5.2.3 Quel type d'eaux usées dans l'avenir ?	265
5.2.4 Les économies d'eau	265
5.2.5 La composition des eaux usées d'origine domestique	266
5.2.6 La santé publique	267
5.2.7 Pollution de l'eau, de l'air et du sol	267
5.2.8 Facteurs locaux	268
5.2.9 Stratégies	269
5.3 BIOTECHNOLOGIES ET MÉTHODES PHYSICO-CHIMIQUES NOUVELLES POUR DE NOUVEAUX PARADIGMES	270
5.3.1 Nouvelles biotechnologies de traitement après collecte	270
5.3.2 Contrôle à la source de l'assainissement et options de traitement	271
5.3.3 Les options de traitement des fractions d'eaux usées domestiques	273
5.4 NOUVELLES APPROCHES POUR RÉSOUDRE LES BESOINS DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT	276
5.4.1 Introduction	276
5.4.2 Les problèmes des pays en développement	277
5.4.2.1 Pénurie d'eau	277
5.4.2.2 Manque de capitaux	278
5.4.2.3 Manque d'expertise	278
5.4.2.4 Manque de soutien institutionnel	278

5.4.3 Solutions actuelles dans les pays en développement	279
5.4.4 Une lueur d'espoir	280
5.4.5 Un scénario pour le futur	281
5.5 LES BESOINS DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT	281
5.5.1 Besoins de recherche et développement pour le contrôle à la source et le recyclage des nutriments	281
5.5.2 La recherche au service des problèmes des pays en développement	282
5.5.2.1 <i>Technologie</i>	282
5.5.2.2 <i>La santé publique</i>	283
5.5.2.3 <i>Facteurs sociaux et culturels</i>	283
5.5.3 La contribution des technologies de l'information et de l'automatisme aux nouvelles biotechnologies	283
5.6 RÉFÉRENCES	284

6 - LES PROBLÈMES DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

6.1 LES CONTRAINTES	287
6.1.1 L'explosion démographique	287
6.1.2 Les limites financières	290
6.1.3 Problèmes institutionnels	292
6.1.4 Les besoins d'approvisionnement en eau	293
6.2 QUALITÉ DE L'EAU ET SANTÉ	295
6.2.1 Les effets de l'eau polluée	296
6.2.2 Protection de la santé publique	297
6.2.3 Les maladies liées à l'eau	297
6.2.4 Normes de qualité de l'eau	299
6.3 STRUCTURES URBAINES ET PÉRIURBAINES	300
6.3.1 Structures et plans	300
6.3.2 L'expérience de l'Inde	304
6.3.3 L'expérience africaine	307
6.3.4 La dégradation de l'environnement	308
6.4 OPTIONS D'APPROVISIONNEMENT EN EAU	308
6.4.1 Sources d'approvisionnement en eau	308
6.4.1.1 <i>Les eaux de surface</i>	309
6.4.1.2 <i>L'eau souterraine</i>	309
6.4.2 Livraison	310
6.4.3 Niveau de service	312

6.4.4	Systèmes alternatifs	315
6.4.5	Niveaux de développement	315
6.4.6	Les problèmes de l'approvisionnement (Mentonnaise des Eaux, 1998)	318
6.4.7	Autres approches	320
6.4.8	Méthodes de paiement	321
6.4.9	Combien les pauvres paient-ils pour l'eau en zone urbaine ?	321
6.5	SOLUTIONS D'ASSAINISSEMENT	324
6.5.1	Les voies d'assainissement	324
6.5.2	Traitement et réutilisation	327
6.5.3	Systèmes pratiques de traitement	328
6.5.4	Assainissement : le service Cendrillon	329
6.5.5	Paiement	332
6.6	CONCLUSIONS	332
6.6.1	Participation de la collectivité	332
6.6.2	Capacités de paiement	333
6.6.3	Réforme économique	334
6.6.4	Politique	335
6.7	RÉFÉRENCES	337

7 - ASPECTS ÉCONOMIQUES ET FINANCIERS

7.1	BESOINS DE FINANCEMENT POUR LES INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES	341
7.1.1	Aperçu sur le coût des ouvrages	344
7.1.2	Impact sur ces coûts de divers paramètres	346
7.1.2.1	<i>Les paramètres déterminés</i>	346
7.1.2.2	<i>Les paramètres quasi déterminés ou adaptables</i>	346
7.1.2.3	<i>Les paramètres adaptables : les normes de service</i>	346
7.2	LES FILIÈRES ET LES MODALITÉS DE FINANCEMENT	348
7.2.1	Les filières	348
7.2.2	Les modalités	349
7.2.2.1	<i>Subvention et bonification d'intérêt</i>	349
7.2.2.2	<i>Les contributions des bénéficiaires</i>	349
7.2.2.3	<i>Emprunt et dotation en capital</i>	349
7.2.2.4	<i>Autofinancement</i>	350
7.2.3	Équité	350

7.3 LES COÛTS DU SERVICE DE L'EAU	350
7.3.1 Les développements théoriques	351
7.3.1.1 <i>Les composantes du coût du service de l'eau</i>	351
7.3.1.2 <i>Les structures du coût</i>	352
7.3.1.3 <i>Évaluation des coûts</i>	353
7.3.2 L'alimentation en eau	353
7.3.3 Le coût de l'assainissement	354
7.3.4 Les impacts de l'organisation du service	355
7.4 LES CONTRATS DE L'EAU	356
7.5 LA TARIFICATION DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT	358
7.5.1 Théorie de la tarification	358
7.5.2 Pratiques de tarification	359
7.5.2.1 <i>Mesurer</i>	359
7.5.2.2 <i>Tarification de l'eau</i>	359
7.5.2.3 <i>Protéger les pauvres</i>	361
7.5.2.4 <i>Interfinancements</i>	361
7.5.2.5 <i>Subventions publiques directes</i>	362
7.5.2.6 <i>Les tarifs de l'assainissement</i>	363
7.6 LES VILLES DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT	364
7.6.1 Financer les services de l'eau	364
7.6.1.1 <i>L'incapacité de reconnaître la valeur économique de l'eau</i>	365
7.6.1.2 <i>La tarification de l'eau</i>	365
7.6.1.3 <i>Les capacités de paiement</i>	366
7.6.2 Les conditions de viabilité des institutions assurant les services de l'eau	366
7.7 QUELQUES RECOMMANDATIONS	368
7.8 RÉFÉRENCES	369

8 - PROBLÈMES SOCIAUX, INSTITUTIONNELS ET RÉGLEMENTAIRES

8.1 OBJET DU CHAPITRE	371
8.1.1 Les dynamiques urbaines comme test d'un développement durable	371
8.1.2 Les initiatives de la société civile doivent être prises au sérieux, non contrecarrées	372
8.1.3 Trois types de systèmes de gestion	373
8.2 TROIS TÂCHES PRINCIPALES	377
8.3 LE NOUVEAU CONTRAT HYDRO-SOCIAL	381

8.4 EXPÉRIENCE HISTORIQUE ET NOUVEAU MILLÉNAIRE	383
8.4.1 Répéter l'expérience de l'histoire ou trouver d'autres voies de développement ?	384
8.4.2 Une démarche équilibrée – L'expérience de l'Occident	387
8.5 DYNAMIQUES URBAINES DANS LE SUD – ASPECTS SOCIO- ÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX	390
8.5.1 Opportunités et difficultés	390
8.5.2 Les autorités et les installations illégales	391
8.5.3 Une nouvelle catégorie de pollution	394
8.5.4 Une approche intégrée dans le cadre d'un bassin versant	394
8.6 ÉTAPES DE L'UTILISATION DE L'EAU ET POLITIQUE DE RÉDUCTION DE LA POLLUTION	396
8.6.1 Phase I : la stratégie du « loin des yeux, loin du cœur »	396
8.6.2 Phase II : la stratégie du traitement aval	398
8.6.3 Phase III : technologies propres de production	400
8.6.4 Phase IV : de nouvelles formes de responsabilités sociales et institutionnelles	401
8.7 LES INITIATIVES DE LA SOCIÉTÉ CIVILE POUR RÉPONDRE AUX DÉFIS EN MATIÈRE D'EAU ET D'ENVIRONNEMENT	404
8.7.1 Un soutien de la collectivité mais pas de l'État	404
8.7.2 L'action des collectivités en tant que groupes de pression – L'exemple de l'Inde	406
8.7.3 Choisir entre santé publique et moyens d'existence ?	408
8.7.4 Opérations de mise à niveau sans reconnaissance politique – Les défis du projet pilote Orangi, au Pakistan	409
8.7.5 Établir une relation fonctionnelle entre la société civile et les pouvoirs publics – L'expérience de Cebu City, aux Philippines	412
8.7.6 Un cas d'harmonie relative entre pouvoirs publics et société civile : l'Afrique australe	414
8.8 QUELLES OPTIONS POUR L'AVENIR ?	415
8.9 RÉFÉRENCES	418

9 - PERSPECTIVES POUR LE XXI^e SIÈCLE

9.1 INTRODUCTION	423
9.2 L'HÉRITAGE DU PASSÉ	425

9.3 PERSPECTIVES D'AVENIR	428
9.3.1 Gérer l'eau urbaine en période de transition	428
9.3.2 Un nouveau paradigme à l'œuvre – Technologies émergentes contre pratiques classiques	429
9.3.3 Aspects sociaux, institutionnels et financiers	431
9.4. CONCLUSIONS	431
9.5 RÉFÉRENCES	432
Index alphabétique	433

Planches couleurs hors texte

*Chapitre 2. L'eau urbaine comme élément de la gestion intégrée
d'un bassin versant*

Dr Jiri MARSALEK

National Water Research Institute, 867 Lakeshore Road, Burlington, Ontario L7R
4A6, Canada

Tel: +1-905-336-4899, Fax: +1-905-336-4420, e-mail: jiri.marsalek@tcw.ca

Dr. Quintin ROCHFORD

National Water Research Institute, 867 Lakeshore Road, Burlington, Ontario L7R
4A6, Canada

Tel: +1-905-336-4434, Fax: +1-905-336-4420, e-mail: quintin.rochford@tcw.ca

Prof. Dragan SAVIĆ

School of Engineering and Computer Science, Department of Engineering,
University of Exeter

Exeter EX4 4QF, United Kingdom

Tel: +44 1392 263637, Fax: +44 1392 217965, e-mail: d.savic@ex.ac.uk

Chapitre 3. Interactions avec l'environnement

Dr David BUTLER

Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College of Science,
Technology and Medicine

London, United Kingdom

Tel: +44 207 594 6099, Fax: +44 207 225 3716, e-mail: d.butler@ic.ac.uk

The views and opinions expressed in this book are those of the authors and not necessarily those of their employers.