André Musy, Christophe Higy
et Emmanuel Reynard

Hydrologie 1

Une science de la nature
Une gestion sociétale

2e édition revue et augmentée

PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

INGÉNIERIE DE L'ENVIRONNEMENT

Les auteurs et l'éditeur remercient l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) ainsi que l'Université de Lausanne (UNIL) pour le soutien apporté à la publication de cet ouvrage.

Cet ouvrage paraît dans la collection Science et ingénierie de l'environnement qui est publiée sous la direction des professeurs Suren Erkman (UNIL) et Christoph Holliger (EPFL)

Autres titres au catalogue :

Hydrologie
2 Une science de l'ingénieur
Benoît Hingray, Cécile Picouet, André Musy

Hydrologie fréquentielle
Une science prédictive
Paul Meylan, Anne-Catherine Favre, André Musy

Ingénierie des eaux et du sol
Processus et aménagements
Marc Soutter, André Mermoud, André Musy

Le Sol vivant
Bases de pédologie, Biologie des sols
Jean-Michel Gobat, Michel Aragno, Willy Matthey

Les grands sols du monde
Jean-Paul Legros

Mettre en œuvre l'écologie industrielle
Adoue Cyril

Changements climatiques et impacts
De l'échelle globale à l'échelle locale
Martin Beniston

Analyse du cycle de vie
Comprendre et réaliser un écobilan
Olivier Jolliet, Myriam Saadé, Pierre Crettaz et Shanna Shaked

Mares et étangs
Ecologie, conservation, gestion, valorisation
Beat Oertli et Pierre-André Frossard

La Fondation des Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR) publie principalement les travaux d'enseignement et de recherche de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), des universités et des hautes écoles francophones. Le catalogue général peut être obtenu par courrier aux: Presses polytechniques et universitaires romandes, EPFL-Rolex Learning Center, CP 119, CH-1015 Lausanne, par E-mail à ppur@epfl.ch, par téléphone au (0)21 693 41 40 ou encore par fax au (0)21 693 40 27.

www.ppur.org

2e édition revue et augmentée
ISBN 978-2-88915-026-7
© Presses polytechniques et universitaires romandes, 2014
© Presses polytechniques et universitaires romandes, 2004, 2009 pour la première édition

Tous droits réservés.
Reproduction, même partielle, sous quelque forme
ou sur quelque support que ce soit, interdite sans l'accord écrit de l'éditeur.

Imprimé en Italie

TABLE DES MATIÈRES

AVERTISSEMENT V

PRÉFACE VII

AVANT-PROPOS XIII

HYDROLOGIE :
LES BASES SCIENTIFIQUES

CHAPITRE 1 INTRODUCTION GÉNÉRALE
1.1 Définition et étendue de l'hydrologie 3
1.2 Approche historique 6
1.3 L'eau moderne 15
1.4 Organismes liés à l'hydrologie 18
1.5 Aspects juridiques, le cas de la Suisse 24
1.6 Objectifs et organisation de l'ouvrage 26

CHAPITRE 2 CYCLE DE L'EAU ET BILAN HYDROLOGIQUE 27
2.1 Introduction 27
2.2 L'eau élément 28
2.3 Analyse détaillée 39
2.4 Répartition des eaux 54
2.5 Cycles associés 67
2.6 Conclusion 78

CHAPITRE 3 LE BASSIN VERSANT ET SON COMPLEXE 79
3.1 Définition du bassin versant 79
3.2 Comportement hydrologique 83
3.3 Caractéristiques physiographiques 88
3.4 Caractéristiques agro-pédo-géologiques 111
3.5 Information digitale et modèles numériques 117
3.6 Conclusion 121

CHAPITRE 4 LES PRÉCIPITATIONS 123
4.1 Définitions liminaires 123
4.2 Classification des nuages 128
4.3 Mécanismes de formation des précipitations 130
4.4 Régime des précipitations 132
4.5 Mesures des précipitations 132
4.6 Réseau d'observation et publication des données 133
4.7 Analyse de la mesure ponctuelle 135
4.8 Evaluation régionale des précipitations 151
4.9 Conclusion 153

CHAPITRE 5 INTERCEPTION ET ÉVAPORATION 155
5.1 Introduction 155
5.2 Evaporation 158
5.3 Evapotranspiration d'un sol couvert par de la végétation ... 171
5.4 Interception 181
5.5 Conclusion 188

CHAPITRE 6 ÉCOULEMENTS ET INFILTRATION 189
6.1 Introduction 189
6.2 Infiltration 190
6.3 Ecoulements 197
6.4 Notion de transport solide 202
6.5 Conclusion 205

CHAPITRE 7 STOCKAGE ET RÉSERVES EN EAU 207
7.1 Introduction 207
7.2 Stocks d'eau de surface 207
7.3 Stocks d'eau souterraine 209
7.4 Stocks d'eau sous forme solide 220
7.5 Conclusion 222

CHAPITRE 8 LA MESURE HYDROLOGIQUE 223
8.1 Mesure des précipitations 223
8.2 Mesure de l'évaporation, de la transpiration et de l'évapotranspiration 230
8.3 Mesure des débits 236
8.4 Mesure du transport solide dans les cours d'eau 247
8.5 Mesure de l'infiltration 251
8.6 Mesure de l'humidité du sol 253
8.7 Conclusion 256

CHAPITRE 9 CONTRÔLE ET ORGANISATION DES DONNÉES 257
9.1 Organisation des données 257
9.2 Recherche des erreurs et corrections des mesures 260
9.3 Introduction aux tests statistiques 261
9.4 Conclusion 279

CHAPITRE 10 RÉGIMES HYDROLOGIQUES 281
10.1 Introduction 281
10.2 Régime simple 288
10.3 Régime mixte 291
10.4 Régime complexe 293
10.5 Régimes hydrologiques en Suisse 293
10.6 Stabilité des régimes hydrologiques 295
10.7 Conclusion 299

CHAPITRE 11 PROCESSUS ET RÉPONSE HYDROLOGIQUES 301
11.1 Introduction 301
11.2 Généralités 302
11.3 Précipitations directes à la surface libre du cours d'eau ... 304
11.4 Ecoulement souterrain 304
11.5 Ecoulement de surface 313
11.6 Ecoulement de subsurface 316
11.7 Ecoulement dû à la fonte des neiges 326
11.8 Des processus à la réponse hydrologique du bassin versant 328
11.9 Conclusions 333
11.10 Conclusion Générale à la première partie 334

RESSOURCES EN EAU : LES PRINCIPES DE GESTION

CHAPITRE 12 LES ENJEUX 337
12.1 L'eau, enjeu mondial du XXIe siècle 337
12.2 Une ressource vitale et complexe 340
12.3 Quatre préoccupations principales 342
12.4 Enjeux géographiques 346
12.5 Quarante ans de politique internationale de l'eau 347

CHAPITRE 13 LES CONCEPTS 353
13.1 Gestion holistique 353
13.2 Gestion intégrée 356
13.3 Gestion durable 366

CHAPITRE 14 LA RESSOURCE ET LES BESOINS 373
14.1 Définitions et caractéristiques 373
14.2 Etat de la ressource 376
14.3 Besoins en eau 379

CHAPITRE 15 LES INSTITUTIONS DE GESTION 387
15.1 Régimes institutionnels de l'eau 387
15.2 Droit de l'eau 390
15.3 Politique de l'eau 392
15.4 Exemples de gestion institutionnelle de l'eau 393
15.5 Gestion communautaire 401

CHAPITRE 16 LES USAGES DE L'EAU ET LEURS PRINCIPES DE GESTION 409
16.1 Approvisionnement en eau et assainissement urbain 409
16.2 Irrigation 424
16.3 Production d'énergie 431
16.4 Activités ludiques et touristiques 439

CHAPITRE 17 LES RISQUES HYDROLOGIQUES 445
17.1 Définitions 445
17.2 Gestion des risques hydrologiques 446
17.3 Pratiques de gestion du risque hydrologique : quelques exemples 448
17.4 Gestion intégrée du risque 451

CHAPITRE 18 LA GESTION DE L'EAU ET LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES 453
18.1 Changements climatiques et ressource en eau 453
18.2 Impacts sur la gestion de l'eau 457

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 461

SIGLES ET ACRONYMES 477

INDEX 481