

Marc Soutter  
André Mermoud  
André Musy

INGÉNIERIE DES

EAUX

ET DU SOL

Processus et aménagements

PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

INGÉNIERIE DE  
L'ENVIRONNEMENT

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

PRÉFACE .....	V
TABLE DES MATIÈRES .....	VII
AVANT-PROPOS .....	XIII
CHAPITRE 1 INTRODUCTION .....	1
1.1 L'eau, enjeu majeur du XXI <sup>e</sup> siècle .....	1
1.2 Maîtrise de l'eau dans le contexte de la gestion du territoire .....	3
1.3 Organisation de l'ouvrage .....	5
CHAPITRE 2 ÉLÉMENTS DE DYNAMIQUE DES FLUIDES .....	7
2.1 Introduction .....	7
2.2 Principes et équations fondamentales .....	7
2.2.1 Généralités .....	7
2.2.2 Quelques propriétés des fluides .....	9
2.2.3 Cinématique des écoulements .....	10
2.2.4 Conservation de la masse (équation de continuité) ..	13
2.2.5 Conservation de la quantité de mouvement (loi de Newton) .....	14
2.2.6 Conservation de l'énergie (premier principe de la thermodynamique) .....	17
2.3 Ecoulements dans des conduites .....	18
2.3.1 Equation générale .....	18
2.3.2 Pertes de charge linéaires .....	19
2.3.3 Pertes de charge singulières .....	24
2.4 Ecoulements à surface libre .....	25
2.4.1 Généralités .....	25
2.4.2 Equations de Saint-Venant .....	26
2.4.3 Perte de charge linéaire .....	28

	2.4.4 Pertes de charge singulières .....	31
	2.4.5 Onde cinématique .....	32
	2.4.6 Onde diffusive .....	33
2.5	Ecoulements en milieu poreux .....	34
	2.5.1 Généralités .....	34
	2.5.2 Caractéristiques physiques des milieux poreux .....	35
	2.5.3 Loi de Darcy .....	45
	2.5.4 Equations générales de l'écoulement .....	47
CHAPITRE 3	ÉCHANGES SOL-ATMOSPHÈRE .....	49
	3.1 Schémas de surface .....	49
	3.2 Bilan énergétique .....	51
	3.2.1 Echanges radiatifs .....	51
	3.2.2 Echanges de chaleur .....	54
	3.2.3 Formulation du bilan énergétique .....	54
	3.3 Bilan hydrique .....	55
	3.3.1 Evapotranspiration .....	57
	3.3.2 Infiltration et ruissellement .....	64
	3.3.3 Evaluation quantitative de l'infiltration et du ruissellement .....	66
CHAPITRE 4	ÉCOULEMENTS SOUTERRAINS VERS LES OUVRAGES DE CAPTAGE .....	71
	4.1 Introduction .....	71
	4.2 Hypothèses fondamentales et formulation générale .....	71
	4.3 Ouvrages linéaires .....	76
	4.3.1 Généralités .....	76
	4.3.2 Analogie de Hooghoudt .....	77
	4.3.3 Drains en régime d'écoulement permanent .....	80
	4.3.4 Drains en régime d'écoulement transitoire .....	81
	4.3.5 Formulations particulières intégrant le rôle de la tranchée de drainage .....	88
	4.3.6 Formulations adaptées aux sols en pente .....	92
	4.3.7 Milieux hétérogènes et anisotropes .....	94
	4.3.8 Cas particulier de l'ouvrage unique .....	96
	4.4 Ouvrages ponctuels .....	99
	4.4.1 Généralités .....	99
	4.4.2 Régime d'écoulement permanent .....	99
	4.4.3 Régime d'écoulement transitoire .....	102
CHAPITRE 5	ÉROSION HYDRIQUE .....	105
	5.1 Introduction .....	105
	5.2 Mécanismes d'érosion hydrique .....	106
	5.2.1 Généralités .....	106
	5.2.2 Erosion par rejaillissement .....	107
	5.2.3 Erosion en nappe .....	109

5.2.4	Erosion en rigoles . . . . .	111
5.2.5	Erosion en ravines . . . . .	112
5.3	Facteurs d'érosion hydrique . . . . .	114
5.3.1	Généralités . . . . .	114
5.3.2	Erosivité des pluies – facteur climatique . . . . .	114
5.3.3	Erodibilité des sols – facteur pédologique . . . . .	117
5.3.4	Pente et longueur de pente – facteur morphologique . . . . .	121
5.3.5	Couverture du sol . . . . .	122
5.4	Modélisation de l'érosion . . . . .	123
5.4.1	Généralités . . . . .	123
5.4.2	Approches empiriques et semi-empiriques . . . . .	123
5.4.3	Approche mécaniste . . . . .	125
5.5	Evaluation du risque d'érosion . . . . .	128
5.5.1	Généralités . . . . .	128
5.5.2	A la parcelle . . . . .	128
5.5.3	A l'échelle régionale – cartes de risque . . . . .	132
<b>CHAPITRE 6 ASSAINISSEMENT DES SOLS . . . . .</b>		<b>135</b>
6.1	Introduction . . . . .	135
6.1.1	Aspects historiques . . . . .	135
6.1.2	Principes de l'assainissement . . . . .	136
6.2	Excès d'eau et techniques d'assainissement . . . . .	136
6.2.1	Effet des excès d'eau sur les plantes et le sol . . . . .	136
6.2.2	Effet des excès d'eau sur les cultures et les exploitations . . . . .	138
6.2.3	Origine des excès d'eau . . . . .	139
6.2.4	Méthodes d'assainissement . . . . .	142
6.3	Drainage souterrain . . . . .	146
6.3.1	Principes . . . . .	146
6.3.2	Tuyaux de drainage . . . . .	148
6.3.3	Machines de pose . . . . .	149
6.3.4	Rôle de la tranchée de drainage . . . . .	151
6.3.5	Risques de colmatage . . . . .	152
6.3.6	Disposition des drains . . . . .	158
6.3.7	Techniques associées . . . . .	163
6.4	Drainage de surface . . . . .	166
6.4.1	Principes . . . . .	166
6.4.2	Modelé du terrain . . . . .	167
6.4.3	Collecte et évacuation des eaux . . . . .	169
6.5	Réseau d'assainissement . . . . .	170
6.5.1	Tracé du réseau de collecteurs . . . . .	170
6.5.2	Dimensionnement des collecteurs . . . . .	172
6.5.3	Raccordements . . . . .	173
6.5.4	Aménagement de l'émissaire . . . . .	174
6.5.5	Pérennité du réseau et entretien . . . . .	175
6.6	Assainissement et environnement . . . . .	175
6.6.1	Effets généraux de l'assainissement . . . . .	175

	6.6.2 Sols et cultures.....	176
	6.6.3 Qualité des eaux.....	179
	6.6.4 Débits de pointe.....	182
	6.6.5 Zones de transition.....	183
CHAPITRE 7	IRRIGATION.....	187
	7.1 Introduction.....	187
	7.2 Eléments fondamentaux.....	188
	7.2.1 Généralités.....	188
	7.2.2 Techniques d'arrosage.....	189
	7.2.3 Réseaux d'irrigation.....	190
	7.2.4 Paramètres de dimensionnement d'un réseau d'irrigation.....	192
	7.2.5 Qualité de l'eau.....	198
	7.2.6 Etudes préalables.....	202
	7.3 Transport à surface libre.....	203
	7.3.1 Généralités.....	203
	7.3.2 Canaux.....	203
	7.3.3 Ouvrages de régulation.....	207
	7.3.4 Ouvrages de répartition.....	211
	7.3.5 Autres ouvrages.....	215
	7.4 Transport en charge.....	219
	7.4.1 Généralités.....	219
	7.4.2 Dispositifs de mise en pression de l'eau.....	219
	7.4.3 Conduites de transport.....	220
	7.5 Distribution à la parcelle.....	226
	7.5.1 Généralités.....	226
	7.5.2 Irrigation gravitaire.....	227
	7.5.3 Irrigation par aspersion.....	231
	7.5.4 Micro-irrigation.....	237
	7.6 Impacts des réseaux d'irrigation.....	248
	7.6.1 Généralités.....	248
	7.6.2 Impacts sur les eaux et les sols.....	248
	7.6.3 Aspects socio-économiques.....	250
	7.6.4 Aspects sanitaires.....	251
CHAPITRE 8	MAÎTRISE DU RUISSELLEMENT ET DE L'ÉROSION.....	255
	8.1 Introduction.....	255
	8.2 Mesures agronomiques.....	257
	8.2.1 Assolement et rotations.....	257
	8.2.2 Cultures de protection ou couvrantes.....	259
	8.2.3 Cultures en bandes alternantes.....	260
	8.2.4 Cultures associées et densité de plantation.....	261
	8.2.5 Paillage ou mulching.....	262
	8.2.6 Lutte différée contre les adventices.....	262
	8.2.7 Revégétalisation.....	263

8.3 Mesures agro-pédologiques.....	264
8.3.1 Action chimique .....	264
8.3.2 Action mécanique .....	265
8.4 Mesures d'aménagement des parcelles .....	267
8.4.1 Bandes herbeuses et haies .....	267
8.4.2 Rideaux .....	268
8.4.3 Banquettes .....	268
8.4.4 Terrasses .....	271
8.5 Mesures d'aménagement des coteaux .....	273
8.5.1 Organisation foncière .....	273
8.5.2 Evacuation des eaux .....	275
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	281
INDEX.....	285
SYMBOLES ET UNITÉS.....	289