

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Avant-propos</b> .....	III
<b>Remerciements</b> .....	VII
<b>Liste des sources des figures et des tableaux</b> .....	XV
<b>Liste des symboles</b> .....	XIX
<b>Introduction</b> .....	XXIII
<b>1 Eau des bassins versants</b> .....	1
1.1 Cycle de l'eau .....	2
1.1.1 Modélisation hydrologique .....	5
1.2 Bassin versant et réseau de drainage .....	6
1.2.1 Délimitation du bassin versant .....	6
1.2.2 Caractéristiques physiographiques.....	9
1.2.3 Caractéristiques du réseau hydrographique .....	12
1.2.4 Nature du sol et couverture végétale.....	14
1.3 Bilan hydrique .....	14
1.4 Activités proposées.....	19
1.4.1 Exercices de compréhension.....	19
1.4.2 Exercices pratiques .....	20
1.4.3 Lecture complémentaire .....	24
<b>2 Atmosphère et hydrométéorologie</b> .....	25
2.1 Chimie et physique de l'atmosphère.....	26
2.1.1 Composition chimique .....	26
2.1.2 Température de l'air.....	27
2.1.3 Couche d'ozone .....	29
2.1.4 Pression de l'air .....	30
2.2 Composantes énergétiques.....	31
2.2.1 Rayonnements solaire et terrestre .....	31
2.2.2 Effet de serre naturel et changements climatiques .....	37
2.2.3 Énergies sensible et latente .....	38
2.3 Vapeur d'eau.....	40
2.3.1 Calcul des paramètres de la vapeur d'eau.....	40
2.3.2 Distribution de la vapeur d'eau .....	45
2.3.3 Précipitation potentielle .....	46
2.4 Vents .....	48
2.5 Activités proposées.....	51
2.5.1 Exercices de compréhension.....	51
2.5.2 Exercices pratiques .....	52
2.5.3 Lecture complémentaire .....	54

<b>3</b>	<b>Précipitations</b> .....	55
3.1	Mécanique des précipitations .....	56
3.1.1	Processus enclencheurs de précipitations .....	56
3.1.2	Mouvements de masses d'air humide .....	59
3.1.3	Classification des régimes de précipitations .....	65
3.2	Instrumentation au sol .....	67
3.2.1	Précipitations liquides.....	68
3.2.2	Précipitations solides .....	70
3.2.3	Causes d'erreurs.....	70
3.2.4	Réseaux de stations de mesure des précipitations.....	71
3.2.5	Techniques de mesure indirecte .....	73
3.3	Interprétation préliminaire des données de précipitation.....	74
3.3.1	Hyétogramme .....	74
3.3.2	Données manquantes .....	75
3.3.3	Homogénéisation .....	76
3.4	Précipitation moyenne sur un bassin versant.....	78
3.4.1	Méthode de la moyenne arithmétique.....	79
3.4.2	Méthode des polygones de Thiessen.....	80
3.4.3	Méthode des isohyètes .....	81
3.4.4	Autres méthodes .....	84
3.5	Hyétogrammes synthétiques .....	84
3.6	Activités proposées.....	88
3.6.1	Exercices de compréhension.....	89
3.6.2	Exercices pratiques .....	90
3.6.3	Lecture complémentaire .....	95
<b>4</b>	<b>Écoulements</b> .....	97
4.1	Parcours terrestre de l'eau .....	98
4.2	Eau des sols .....	101
4.2.1	Caractérisation des sols.....	102
4.2.2	Équation de Bernoulli .....	104
4.2.3	Expérience de Darcy .....	107
4.2.4	Infiltration, percolation et redistribution .....	111
4.3	Modélisation de l'infiltration .....	114
4.3.1	Modèles de pluie nette .....	114
4.3.2	Modèle empirique de Horton .....	119
4.3.3	Modèle de Green et Ampt .....	121
4.4	Eaux souterraines.....	125
4.4.1	Écoulements non confinés.....	127
4.4.2	Essais de pompage .....	131
4.4.3	Nappes de bord de mer .....	136
4.5	Mesure de l'écoulement dans les cours d'eau.....	138
4.5.1	Mesure instantanée .....	138
4.5.2	Mesure en continu.....	142
4.6	Activités proposées.....	144
4.6.1	Exercices de compréhension.....	145
4.6.2	Exercices pratiques .....	147

4.6.3	Lecture complémentaire .....	152
<b>5</b>	<b>Neige au sol</b> .....	<b>153</b>
5.1	Accumulation .....	154
5.1.1	Caractéristiques physiques.....	155
5.1.2	Paramètres descriptifs .....	157
5.1.3	Sublimation et redistribution .....	158
5.2	Fonte de neige.....	161
5.2.1	Bilan énergétique.....	163
5.2.2	Degrés-jours.....	168
5.3	Parcours terrestre de l'eau de fonte .....	169
5.4	Activités proposées.....	170
5.4.1	Exercices de compréhension.....	171
5.4.2	Exercices pratiques .....	172
5.4.3	Lecture complémentaire .....	174
<b>6</b>	<b>Estimations statistiques</b> .....	<b>177</b>
6.1	Données hydrologiques .....	178
6.2	Notions de probabilités, de statistique et de risque.....	180
6.2.1	Fonctions de fréquence et de probabilités.....	182
6.2.2	Période de retour.....	186
6.2.3	Risque hydrologique .....	187
6.3	Paramètres statistiques.....	189
6.3.1	Moments ordinaires .....	189
6.3.2	Moments linéaires.....	191
6.4	Ajustement de fonctions de distribution communes en hydrologie.....	192
6.4.1	Distributions normales.....	192
6.4.2	Distributions de Pearson de type III.....	195
6.4.3	Distributions des valeurs extrêmes généralisées.....	197
6.5	Qualité de l'ajustement.....	200
6.5.1	Diagramme de moments linéaires.....	200
6.5.2	Fonctions de distribution de probabilité empiriques.....	201
6.5.3	Inférences statistiques .....	204
6.6	Intervalles de confiance pour les quantiles .....	209
6.7	Compléments statistiques reliés aux extrêmes.....	213
6.7.1	Méthode du renouvellement .....	213
6.7.2	Analyse régionale .....	215
6.7.3	Choix des méthodes pour l'analyse de fréquence des crues .....	219
6.7.4	Étiages et autres débits extrêmes .....	220
6.8	Cas d'application aux précipitations.....	221
6.8.1	Quantiles de précipitations.....	222
6.8.2	Courbes intensité-durée-fréquence .....	224
6.9	Activités proposées.....	225
6.9.1	Exercices de compréhension.....	225
6.9.2	Exercices pratiques .....	227
6.9.3	Lectures complémentaires .....	230

<b>7</b>	<b>Modélisation événementielle des crues</b> .....	231
7.1	Temps de concentration .....	232
7.1.1	Temps de concentration de bassins versants naturels.....	233
7.1.2	Temps de concentration de bassins versants urbanisés .....	236
7.2	Estimation du débit de pointe par la méthode rationnelle.....	239
7.2.1	Méthode .....	239
7.2.2	Coefficient de ruissellement.....	240
7.2.3	Intensité de précipitation.....	241
7.3	Modélisation averse-crue par hydrogramme unitaire .....	243
7.3.1	Éléments d'un hydrogramme .....	244
7.3.2	Séparation d'un hydrogramme.....	246
7.3.3	Construction d'un hydrogramme unitaire.....	249
7.3.4	Limites d'applicabilité des hydrogrammes unitaires .....	254
7.3.5	Hydrogrammes synthétiques.....	255
7.4	Méthodes hydrologiques de propagation d'ondes de crue.....	257
7.4.1	Méthode hydrologique en réservoir .....	260
7.4.2	Méthode hydrologique en bief.....	271
7.5	Transferts de données entre bassins voisins.....	276
7.6	Activités proposées.....	277
7.6.1	Exercices de compréhension.....	277
7.6.2	Exercices pratiques .....	278
7.6.3	Lecture complémentaire .....	288
<b>8</b>	<b>Évaporation et évapotranspiration</b> .....	289
8.1	Processus physiques .....	293
8.1.1	Évaporation.....	293
8.1.2	Transpiration .....	294
8.1.3	Évapotranspiration.....	295
8.1.4	Répartition géographique .....	296
8.2	Estimation par bilan hydrique.....	298
8.2.1	Bac évaporatoire .....	299
8.2.2	Évapotranspiromètre .....	301
8.3	Estimation par bilan énergétique .....	303
8.3.1	Description du bilan .....	303
8.3.2	Rayonnement incident de courte longueur d'onde .....	309
8.4	Estimation par la méthode de l'advection turbulente .....	310
8.5	Estimation par transfert de masse.....	313
8.6	Estimation par une approche combinée.....	314
8.7	Estimation empirique.....	318
8.8	Activités proposées.....	319
8.8.1	Exercices de compréhension.....	319
8.8.2	Exercices pratiques .....	321
8.8.3	Lectures complémentaires .....	323
<b>9</b>	<b>Exploitation des eaux de surface</b> .....	325
9.1	Réalisation de projets .....	326
9.2	Exploitation des eaux de surface .....	328

9.2.1	Réservoirs et ouvrages de contrôle .....	328
9.2.2	Ouvrages hydroélectriques .....	337
9.2.3	Occupation du territoire .....	339
9.2.4	Changements climatiques .....	342
9.3	Modèles de bassins versants .....	347
9.3.1	Description.....	347
9.3.2	Outil de support : les systèmes d'information géographique .....	352
9.3.3	Outil de support : la télédétection .....	354
9.4	Activités proposées.....	360
9.4.1	Exercices de compréhension.....	360
9.4.2	Exercices pratiques .....	361
9.4.3	Lecture complémentaire .....	364
<b>Annexe</b> .....		<b>365</b>
<b>Bibliographie</b> .....		<b>371</b>
<b>Index</b> .....		<b>383</b>