



Association Française pour l'Etude des Eaux

DOCUMENT NON SELECTIONNE

NUMERO G 10968

Trop spécialisé

Sans intérêt

Pas de mon domaine

Pas le temps

NOM : M. GRESTILLON

DATE ENVOI : 23 AOUT 1989

DATE RETOUR : 04/10/89

LANGUE (S)

F

DOCUMENT SELECTIONNE

661 66437

Titre de la revue ou Editeur de l'ouvrage

SAINTE-FOY, LE GRIFFON D'ARGILE,

THEME (S)

Date de parution

1988,

principal B

Pages : Début

262 P.

Fin

secondaire A, E,

Auteur (s)

CHAMPOUX A., TOUTANT C. -

Nombre de Références

N 180

Pour non spécialiste

Pour spécialiste

Y 3

Y 1

X 1

Document très recommandé

Bon document

Z

Titre original : LIVRE. ELEMENTS D'HYDROLOGIE

Titre traduit :

DESCRIPTEUR(S)

(pris dans le Thésaurus National-Eau) et éventuellement MOTS-LIBRES

COMMENTAIRE

(Micro résumé de 30 mots environ)

5 HYDROLOGIE

MANUEL PEDAGOGIQUE D'INITIATION A

5 HYDROGEOLOGIE

L'HYDROLOGIE GENERALE DONNANT DES NOTIONS

5 RUISSELLEMENT

CLAIRES MAIS FORCÉMENT SUCCINCTES SUR

5 PRÉCIPITATION ATMOSPHERIQUE

LE CYCLE HYDROLOGIQUE, L'HYDROMÉTÉOROLOGIE

5 ÉVAPOTRANSPIRATION

LA PLUVIOMÉTRIE, L'ÉVAPORATION, L'ÉVAPOTRANSPIRA-

5 ÉROSION

TION, L'HYDROGEOLOGIE GÉNÉRALE ET APPLIQUÉE

ÉCOLOGIE

LE RUISSELLEMENT DES EAUX DE SURFACE,

5 POLLUTION DE L'EAU

LES ÉROSIONS ET LE TRANSPORT SOLIDE

etc. ....

L'ÉCOLOGIE DES EAUX SOUS-SOL, LA POLLUTION

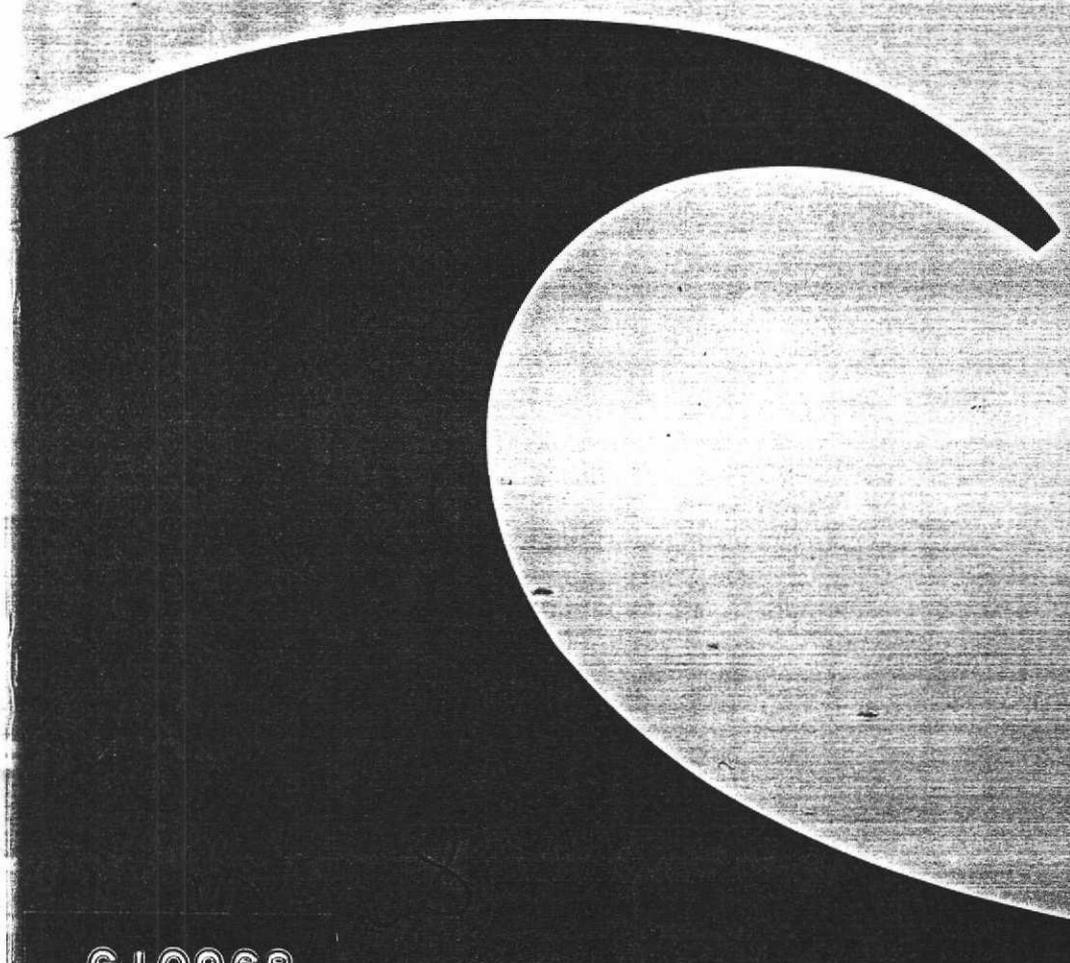
DES EAUX.

G-ACS 122074

66 / 66437

# ÉLÉMENTS D'HYDROLOGIE

ANDRÉ CHAMPOUX  
CLAUDE TOUTANT



 les éditions  
Le Griffon d'argile

G10968

## PRÉFACE

---

Au cours des dernières décennies, les problèmes que posent les relations de l'homme avec son milieu physique ont suscité, dans toutes les couches de la société, un intérêt qui ne cesse de croître. Parmi ces problèmes, ceux qui sont liés à l'eau et à son utilisation figurent certes au premier plan. Il n'est donc pas surprenant de constater l'intérêt grandissant qu'éprouvent les jeunes pour les carrières qui ont trait à la gestion des eaux et la prolifération de cours, à tous les niveaux, traitant des techniques de l'eau. Quel que soit le niveau de telles études, il est tout à fait approprié, voire nécessaire, d'introduire l'étudiant au vaste domaine dans lequel il veut s'engager par le biais d'un cours d'hydrologie.

Au sens étymologique, l'hydrologie est la science de l'eau. Mais quand on tient compte de l'importance de l'eau comme constituant essentiel de la biosphère et de tout ce qui vit, quand on considère les multiples usages de l'eau, on constate qu'il ne s'agit pas d'une discipline de base; il s'agit d'une science multidisciplinaire. Elle va puiser, à divers points de vue, chez le géographe, le géologue, le météorologue, le chimiste, le physicien, le biologiste et bien d'autres. Et, par ailleurs, l'emploi rationnel des eaux a donné naissance à diverses branches des sciences appliquées: l'hydrologie de l'ingénieur, l'hydraulique, le génie sanitaire, la chimie et la microbiologie des eaux.

Un cours d'introduction à l'hydrologie permet à l'étudiant d'ordonner les notions plus ou moins disparates qu'il possède déjà, de systématiser et d'étendre ses connaissances de l'eau. Il vient à apprécier la pertinence des diverses disciplines fondamentales qu'exige son programme de formation et en est d'autant plus motivé. Tout en le préparant à la poursuite de ses études, un tel cours l'aide à s'orienter, à préciser ses goûts et contribue sûrement à sa polyvalence.

Le présent ouvrage a pour but de répondre aux objectifs précités. Pour présenter les multiples aspects de la science de l'eau, il fait appel au concept du «cycle hydrologique», ce gigantesque recyclage des eaux naturelles qui façonne la biosphère et dont chaque étape, chaque mécanisme ouvre une fenêtre sur un nouveau champ d'étude. Viennent s'y ajouter la limnologie, à laquelle s'associe nécessairement l'écologie des eaux douces, et, enfin, un aperçu des problèmes qu'engendre la pollution. Vu l'ampleur de la matière, ce manuel cherche avant tout à en souligner les principaux concepts et à en préciser la terminologie.

L'ouvrage de MM. Toutant et Champoux, en venant combler un besoin certain, est un heureux complément aux manuels déjà parus sous l'égide du Cégep de Saint-Laurent. Nul doute qu'il sera bien reçu des professeurs et des étudiants auxquels il se destine.

*Jean-Paul BEAUDRY*

# TABLE DES SUJETS

---

## CHAPITRE 1 – INTRODUCTION À L’HYDROLOGIE

1.1 Historique .....	1
1.2 Définition de l’hydrologie .....	3
1.3 Répartition des eaux terrestres .....	3
1.3.1 Eaux marines .....	4
1.3.2 Glaciers et glaces polaires .....	4
1.3.3 Eaux de la lithosphère .....	4
1.3.4 Eaux continentales douces .....	4
1.3.5 Eaux atmosphériques .....	5
1.4 Cycle hydrologique .....	5
1.5 L’eau et l’homme .....	8

## CHAPITRE 2 – HYDROMÉTÉOROLOGIE

2.1 Introduction .....	9
2.2 Climat .....	12
2.3 Rayonnement solaire .....	12
2.3.1 Description .....	12
2.3.2 Émission .....	13
2.3.3 Absorption .....	13
2.3.4 Réflexion .....	14
2.3.5 Diffraction et diffusion .....	14
2.4 Mesures habituelles en météorologie et en climatologie .....	14
2.4.1 Température .....	14
A. Description .....	14
B. Mesures .....	15
C. Données .....	16
2.4.2 Pression atmosphérique .....	17
A. Description .....	17
B. Mesures .....	18
C. Isobares .....	19

2.4.3	Vent .....	21
	A. Description .....	21
	B. Mesures .....	23
	C. Circulation atmosphérique .....	25
2.4.4	Humidité atmosphérique .....	25
	A. Description .....	25
	B. Mesures .....	28
	C. Stabilité de l'air .....	29
2.4.5	Précipitation .....	32
	A. Description .....	32
	B. Mesures .....	32
	C. Données .....	36
	D. Mécanismes de formation de la précipitation .....	36
	E. Nuages .....	38
	F. Types de précipitations .....	39
2.4.6	Carte du temps .....	41
2.5	Aspects non ponctuels des données météorologiques et climatologiques .....	41
	2.5.1 Masses d'air .....	41
	2.5.2 Circulation atmosphérique régionale .....	43
	2.5.3 Facteurs climatiques .....	47

### CHAPITRE 3 – PLUVIOMÉTRIE

3.1	Introduction .....	49
3.2	Analyse des données de précipitations .....	50
3.3	Analyse des précipitations depuis une station .....	51
3.4	Analyse des précipitations depuis un ensemble de stations .....	55
	3.4.1 Méthode de la moyenne arithmétique .....	56
	3.4.2 Méthode de Thiessen .....	56
	3.4.3 Méthode des isohyètes .....	58
3.5	Relations importantes en pluviométrie .....	60
3.6	Régimes pluviométriques dans le monde .....	62

### CHAPITRE 4 – INTERCEPTION DES PRÉCIPITATIONS ET STOCKAGE DANS LES DÉPRESSIONS

4.1	Introduction .....	65
4.2	Interception .....	65
	4.2.1 Types de forêts .....	66
	4.2.2 Variations saisonnières .....	67
	4.2.3 Densité du couvert végétal, âge et autres facteurs .....	67
4.3	Équation des pertes par interception .....	68
4.4	Interception de la neige .....	68
4.5	Stockage dans les dépressions .....	69

### CHAPITRE 5 – ÉVAPORATION, TRANSPIRATION ET ÉVAPOTRANSPIRATION

5.1	Introduction .....	71
5.2	Évaporation .....	72
	5.2.1 Évaporation des nappes d'eau libre .....	73

A. Trois sources énergétiques .....	74
B. Facteurs qui influencent l'évaporation .....	75
C. Qualité de l'eau .....	77
D. Mesures .....	77
5.2.2 L'évaporation à partir des sols nus .....	86
A. Mesures .....	87
5.3 Transpiration .....	89
5.4 Évapotranspiration .....	92
5.5 Évaporation de la neige .....	94
5.6 Bilan en humidité du sol .....	95

## CHAPITRE 6 – HYDROGÉOLOGIE

6.1 Introduction .....	97
6.2 Éléments de minéralogie et de géologie .....	97
6.2.1 Constitution de la croûte terrestre .....	97
6.2.2 Tectonique des plaques .....	98
6.2.3 Minéraux .....	101
6.2.4 Roches .....	102
A. Roches ignées .....	102
B. Roches sédimentaires .....	104
C. Roches métamorphiques .....	105
6.3 Régions géologiques du Québec .....	107
6.3.1 Massif laurentien .....	107
6.3.2 Basses Terres du Saint-Laurent .....	108
6.3.3 Région des Appalaches .....	108
6.4 Eaux souterraines et nappes aquifères .....	109
6.4.1 Introduction .....	109
6.4.2 Zone d'aération .....	109
6.4.3 Zone de saturation .....	111
6.4.4 Nappe captive ou artésienne .....	114
6.4.5 Formations géologiques aquifères .....	116
A. Dépôts meubles .....	116
B. Formations rocheuses compactes .....	117
C. Roches ignées et métamorphiques .....	117
6.5 Cartographie en hydrogéologie .....	118
6.5.1 Carte topographique .....	118
6.5.2 Photographie aérienne .....	118
6.5.3 Carte géologique .....	119
6.5.4 Carte des dépôts meubles .....	119
6.5.5 Cartes des écoulements souterrains .....	120
6.6 Qualité des eaux souterraines .....	120
6.6.1 Dissolution .....	121
6.6.2 Échanges ioniques .....	121
6.6.3 Attaques chimiques .....	121
6.6.4 Filtrage .....	122
6.6.5 Principaux types d'eaux .....	122
6.6.6 Pollution des eaux souterraines .....	123
6.7 Conclusion .....	123

## CHAPITRE 7 – HYDROGÉOLOGIE APPLIQUÉE

7.1	Introduction	125
7.2	Propriétés physiques des roches meubles et des roches compactes	125
7.2.1	Introduction	125
7.2.2	Porosité	126
A.	Définition	126
B.	Facteurs essentiels	127
C.	Mesure	128
D.	Données	130
7.2.3	Perméabilité	130
A.	Introduction et définition	130
B.	Facteurs essentiels	130
C.	Mesure	131
D.	Données	132
7.3	Exploration des eaux souterraines	133
7.4	Conception des puits pour le captage des eaux souterraines	134
7.4.1	Introduction	134
7.4.2	Captage des eaux de source	134
7.4.3	Puits des nappes libres	135
A.	Puits de surface ou puits-citernes	136
B.	Puits tubulaires	137
C.	Puits à drains radiaux	137
7.4.4	Puits des nappes captives	138
7.4.5	Design de la crépine des puits tubulaires	138
7.5	Comportement d'une nappe aquifère en exploitation	139
7.5.1	Introduction	139
7.5.2	Nappe libre en exploitation	139
7.5.3	Nappe captive en exploitation	141
7.6	Recharge d'une nappe aquifère	142
7.7	Traitement des eaux souterraines	142

## CHAPITRE 8 – EAUX DE SURFACE ET RUISSELLEMENT

8.1	Introduction	145
8.2	Bassins versants	146
8.2.1	Superficie	146
8.2.2	Forme	147
8.2.3	Pente	147
8.2.4	Courbe hypsométrique	148
8.3	Caractéristiques physiques d'un bassin versant	149
8.3.1	Géologie	149
8.3.2	Topographie	150
8.3.3	Végétation et type de sol	150
8.3.4	Caractéristiques thermiques	150
8.3.5	Grands bassins versants du Québec	152
8.4	Réseaux hydrographiques	153
A.	Présentation géologique	153
B.	Climat	153
C.	Pente du terrain	153
D.	Présence humaine	154

8.5	Notion de débit .....	155
	A. Régimes simples .....	160
	B. Régimes mixtes .....	161
	C. Régimes complexes .....	162
8.6	Stations de jaugeage .....	162
	8.6.1 Formule de Chézy-Manning .....	162
	8.6.2 Courbe de tarage .....	163
	8.6.3 Déversoirs .....	164
	8.6.4 Mesures selon la vitesse de l'eau .....	167
8.7	Ruissellement superficiel .....	170
8.8	Conclusion .....	171

## CHAPITRE 9 – ÉROSION, TRANSPORT ET SÉDIMENTATION

9.1	Introduction .....	173
9.2	Érosion .....	174
	9.2.1 Météorisation .....	174
	A. Altération mécanique .....	174
	B. Altération physique et chimique .....	175
	C. Altération biologique .....	175
	9.2.2 Modification des versants .....	176
	A. Action de la pluie .....	176
	B. Érosion par les eaux courantes .....	177
	9.2.3 Effets de l'érosion fluviale .....	178
	9.2.4 Érosion glaciaire .....	179
9.3	Transport des sédiments .....	180
	9.3.1 Charge de ruissellement .....	181
	9.3.2 Solides en suspension et charriage sur le fond .....	181
	9.3.3 Quantification de la charge .....	182
	A. Charge de ruissellement et solides en suspension .....	184
	B. Sédiments qui voyagent sur le fond .....	186
	9.3.4 Formes associées au transport dans les cours d'eau .....	186
9.4	Sédimentation .....	187
	9.4.1 Environnement sédimentaire fluvial .....	188
	A. Zones de dépôts .....	188
	B. Formes sédimentaires fluviales .....	188
	9.4.2 Environnement sédimentaire lacustre .....	189
	9.4.3 Environnement sédimentaire deltaïque .....	190
	9.4.4 Environnement sédimentaire glaciaire .....	191
9.5	Conclusion .....	192

## CHAPITRE 10 – PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET OPTIQUES DE L'EAU

10.1	Introduction .....	193
10.2	Propriétés physiques de l'eau .....	193
	10.2.1 Densité .....	193
	10.2.2 Conductivité et résistivité électriques .....	194
	10.2.3 Viscosité et fluidité .....	195
	10.2.4 Tension superficielle .....	196
	10.2.5 Autres propriétés .....	197
	10.2.6 Dissolution des gaz dans l'eau: cas de l'oxygène .....	197

10.3	Propriétés optiques de l'eau	198
10.3.1	Physique du rayonnement	198
10.3.2	Interaction d'une masse d'eau avec le rayonnement solaire	199
	A. Réflexion	199
	B. Absorption et transmission	200
	C. Dispersion	202
	D. Émission	203
	E. Fluorescence	203
10.3.3	Conclusions	203
10.4	Lacs: comportement classique suivant les saisons sous les latitudes tempérées	204

## CHAPITRE 11 – QUELQUES NOTIONS D'ÉCOLOGIE DES EAUX DOUCES

11.1	Introduction	209
11.2	Notions d'écologie générale	209
11.2.1	Écosystème et composantes	209
	A. Écosystème	210
	B. Biotope et biocénose	210
	C. Population	211
	D. Individus	211
11.2.2	Énergie dans l'écosystème	212
	A. Autotrophes et hétérotrophes	212
	B. Chaîne alimentaire	213
	C. Pyramides écologiques	215
	D. Productivité	216
11.2.3	Facteurs limitants dans l'écosystème	217
11.2.4	Cycles biogéochimiques	218
11.2.5	Grands types d'habitats	220
11.2.6	Phases évolutives d'un écosystème	220
11.3	Écologie des eaux douces	221
11.3.1	Introduction	221
11.3.2	Facteurs limitants pour les eaux douces	222
	A. Température	222
	B. Lumière	222
	C. Oxygène dissous	223
	D. Sels dissous	223
	E. Courants	223
11.3.3	Chaîne alimentaire et sous-communautés dans les eaux douces	223
11.3.4	Écologie des eaux lénitiques	224
11.3.5	Écologie des eaux gravitaires	225
11.3.6	Phénomènes particuliers des eaux lénitiques	226
	A. Eutrophisation d'un lac	226
	B. Dystrophisation d'un lac	230

## CHAPITRE 12 – POLLUTION DES EAUX

12.1	Introduction	233
12.2	Sources de pollution des eaux	234
12.2.1	Pollution d'origine naturelle	234
	A. Agents physiques	234
	B. Agents chimiques organiques	234
	C. Agents chimiques inorganiques	234
	D. Agents biologiques	235

12.2.2	Pollution par les eaux usées domestiques. ....	235
	A. Agents physiques. ....	235
	B. Agents chimiques inorganiques ....	236
	C. Agents chimiques organiques ....	236
	D. Agents biologiques ....	236
12.2.3	Pollution par les eaux résiduaires industrielles ....	236
	A. Agents physiques. ....	236
	B. Agents chimiques organiques ....	236
	C. Agents chimiques inorganiques ....	237
	D. Agents biologiques ....	237
12.2.4	Pollution d'origine agricole ....	237
12.2.5	Pollution thermique. ....	238
12.2.6	Pollutions de nature particulière. ....	238
	A. Pollution par les BPC ....	238
	B. Pollution radioactive ....	239
12.2.7	Effets des agents polluants sur l'eau ....	239
	A. Agents physiques. ....	239
	B. Agents chimiques organiques ....	240
	C. Agents chimiques inorganiques ....	241
	D. Agents biologiques ....	241
12.3	Quelques paramètres d'identification de la pollution des eaux ....	241
	12.3.1 Demande biochimique en oxygène. ....	241
	12.3.2 Matières solides en suspension. ....	242
	12.3.3 Formes d'azote ....	242
	12.3.4 Autres paramètres usuels ....	242
12.4	Épuration naturelle dans un cours d'eau lors d'un rejet à forte teneur en matière organique. ....	243
12.5	Pollution organique excessive dans un cours d'eau. ....	245
12.6	Système des saprobies ....	246
 <b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....		247
 <b>INDEX</b> .....		257