

MANUEL PRATIQUE D'HYDROLOGIE

**Bénina
Touaïbia**



Mars 2004

TABLE DES MATIERES

Introduction		1
Chapitre I	<u>LE BASSIN VERSANT</u>	3
I.	Le bassin versant	3
1.1	Caractéristiques du bassin versant	3
1.2	Caractéristiques de forme	3
1.3	Relief	6
II.	Le réseau d'écoulement	8
2.1	Densité de drainage	8
2.2	Temps de concentration du bassin versant	9
2.3	Profil en long du cours d'eau	10
2.4	Pente moyenne du cours d'eau principal	10
III	Autres caractéristiques	12
3.1	Géologie	12
3.2	Végétation	12
3.3	Caractéristiques thermiques	12
3.4	Vents	12
Chapitre II	<u>LES PRECIPITATIONS</u>	13
I.	Mécanisme de formation	13
1.1	Processus par coalescence directe	13
1.2	Processus par condensation de la vapeur	13
II.	Classification	14
2.1	Précipitations de convection	14
2.2	Précipitations orographiques	14
2.3	Précipitations cycloniques	14
III.	Mesure des précipitations	14
3.1	Pluviomètres	15
3.2	Pluviographes	15
3.3	Nivopluviomètres	15
3.4	Etablissement d'un réseau pluviométrique	16
IV.	Analyse des précipitations sur l'ensemble du bassin	17
4.1	Méthode de Thiessen	17
4.2	Méthode des isohyètes	18
V.	Analyse des averses à une station pluviométrique	19
5.1	Pluie maximale probable	19
5.2	Notion d'averses	21
5.3	Intensité moyenne maximale	22
Chapitre III	<u>HOMOGENEISATION DES DONNEES</u>	29
I.	Détection des erreurs et correction des données	29
1.1	Détection des erreurs	30
1.1.1	Méthode graphique : méthode des doubles masses	30

1.1.2	Méthodes numériques	31
II.	Extension des données	35
2.1	Notion de régression - corrélation	35
2.1.1	Généralités	35
2.1.2	Hypothèses fondamentales	36
2.1.3	Diagramme de dispersion	37
2.1.4	Choix du modèle	38
2.2	Méthodes relatives à la régression	38
2.2.1	Méthodes des moindres carrés	38
2.2.2	Méthodes des moindres rectangles	43
2.3	Méthodes relatives à la corrélation	44
2.3.1	Coefficient de corrélation linéaire	44
2.3.2	Coefficient de détermination	45
2.3.3	Coefficient d'auto corrélation	45
2.4	Erreur d'estimation	46
2.5	Gain apporté par la régression	46
2.6	Estimation et gain	47
2.6.1	Estimation des caractéristiques d'une série	47
2.6.2	Moyen d'appréciation du gain	49
2.7	Intervalle de confiance	49
2.8	Coefficient de corrélation multiple et partielle	50
2.9	Analyse multidimensionnelle	52
2.9.1	Théorie de l'ACP	53
2.9.2	Principes de l'analyse de l'ACP	55
2.9.3	Notion de valeur propre	57
2.9.4	Notion de vecteur propre	58
2.9.5	Interprétation des vecteurs propres	60
Chapitre IV	ANALYSE FREQUENTIELLE DES DONNEES	61
I.	Rappels statistiques	61
1.1	Fréquence expérimentale	62
1.1.1	Fréquence au non dépassement	62
1.1.2	Fréquence au dépassement	62
1.2	Choix pour la formule de fréquence expérimentale	63
1.3	Calcul des caractéristiques de l'échantillon	63
1.3.1	Paramètres de position	63
1.3.2	Paramètres de dispersion	66
1.3.3	Paramètres de dissymétrie	67
II	Valeurs extrêmes et lois de probabilité	70
2.1	Application de quelques lois aux séries	71
2.1.1	Généralités	71
2.1.2	Critères de choix d'une loi	71
2.1.3	Intervalles de confiance	72
2.2	Loi normale ou loi de Gauss	73
2.2.1	Généralités	73

2.2.2	Caractéristiques empiriques	74
2.3	Loi Log normale ou loi de Galton	77
2.3.1	Généralités	77
2.3.2	Estimation des paramètres	79
2.4	Loi doublement exponentielle ou loi de Gumbel	81
2.4.1	Généralités	81
2.4.2	Estimation des paramètres	82
2.5	Loi de Fréchet	85
2.6	Loi Pearson III	86
III	Test d'adéquation de Pearson	89
3.1	Généralités	89
3.2	Statistique de Pearson	89
Chapitre V	HYDROMETRIE	92
I.	Mesure de débit	92
1.1	Jaugeage au moulinet	92
1.1.1	Procédé de mesure	92
1.1.2	Procédé de dépouillement	93
1.2	Jaugeage au flotteur	96
1.3	Jaugeage chimique	96
1.4	Jaugeage par déversoir	96
II.	Stations de jaugeages	97
2.1	Identification	97
2.1.1	Définition	97
2.1.2	Eléments constitutifs	98
2.1.3	Critères de choix	98
2.1.4	Section de contrôle	100
2.1.5	Linnimètres et linnigraphes	100
III.	Tarage des stations	101
3.1	Tarage et barème d'étalonnage	102
3.1.1	Tarage	102
3.1.2	Extrapolation de la courbe de tarage	102
3.2	Contrôle du tarage	105
3.2.1	Contrôle visuel	105
3.2.2	Contrôle par raccordement des courbes	105
3.2.3	Contrôle statistique	106
3.2.4	Période de validité	107
3.2.5	Tarage en l'absence de la relation $Q(H)$	107
3.3	Extrapolation	111
3.3.1	Ajustement analytique	111
3.3.2	Méthode basée sur les courbes intermédiaires	111
3.3.3	Méthode de Chezy	112
3.3.4	Méthode de Strikler-Manning	113
3.3.5	Méthode du nombre de Froude	115
3.3.6	Méthode de Stevens	116

Chapitre VI	<u>LES ECOULEMENTS</u>	118
I.	Estimation des caractéristiques moyennes	118
1.1	Formules empiriques	118
1.2	Méthode analogique	120
1.3	Méthode de la régression - corrélation	121
1.4	Méthode des quantiles	121
II.	Répartition intra-annuelle des écoulements	122
2.1	Reconstitution des écoulements	122
2.2	Courbe des débits classés	123
III.	Etude des crues	124
3.1	Généralités	124
3.2	Méthodes déterministes	126
3.2.1	Méthodes historiques	126
3.2.2	Formules empiriques et semi-empiriques	127
3.2.3	Courbes enveloppes	128
3.3	Méthodes probabilistiques	129
3.4	Méthode de la PMP	129
IV.	Choix d'une méthode d'estimation	130
4.1	Facteurs influençant la méthode	130
4.2	Quelques méthodes d'estimation	131
4.2.1	Méthode des isochrones	131
4.2.2	Méthode de Sokolovski	135
4.2.3	Méthode de l'hydrogramme unitaire	137
4.2.4	Formules empiriques	142
Chapitre VII.	<u>LE TRANSPORT SOLIDE</u>	146
I.	Aspect théorique	146
1.1	Généralités	146
1.2	Abrasion des particules	148
1.3	Différents aspects du transport solide	149
II.	Transport de fond ou charriage	149
2.1	Généralités	149
2.2	Approche théorique	150
2.3	Mesure du charriage	152
III.	Transport en suspension	152
3.1	Généralités	152
3.2	Mesure du transport en suspension	154
3.3	Procédé de mesure du débit solide	154
3.4	Estimation de l'érosion spécifique	157
3.4.1	Formule de Tixeront	158
3.4.2	Formule de Fournier	158
3.4.3	Méthode de Gravitovitch	158
	Tables statistiques	161
	Références bibliographiques	164

INTRODUCTION

L'hydrologie est une science qui étudie la phase du cycle de l'eau qui débute avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre. Elle englobe les précipitations, les eaux de surface, l'évaporation et l'évapotranspiration, les eaux souterraines. C'est ainsi que l'on peut distinguer les eaux de surface des eaux souterraines donc l'hydrologie de surface de l'hydrologie souterraine. L'hydrologie de surface comprend :

- la potamologie ou hydrologie fluviale qui traite le problème de la dynamique des eaux ainsi que des propriétés physiques, mécaniques et chimiques des eaux de rivières ;
- la glaciologie qui étudie les eaux de rétention à l'état solide ;
- la limnologie qui étudie les systèmes à l'état lacustre (lac).

L'étude des eaux superficielles revêt plusieurs aspects abordés avec des principes et méthodes de recherche différents suivant la spécialité de l'ingénieur qui s'y consacre. Il existe deux courants philosophiques :

- celui basé sur la recherche mathématique à base de statistique ;
- celui basé sur la méthode naturaliste relevant de l'observation et de l'intuition contrôlée par l'expérimentation.

L'hydrologie est une science pluridisciplinaire. En dehors de l'hydraulique, elle fait appel aux sciences physiques (météorologie, physique du globe..), aux sciences naturelles (géologie, géomorphologie..), aux mathématiques (statistique, calcul opérationnel, informatique..) et à la technologie (appareil de mesure, télédétection...)

Actuellement, l'hydrologie est devenue une science importante de l'art de l'ingénieur intéressé à l'exploitation et au contrôle des eaux naturelles. Des études hydrologiques plus ou moins poussées sont indispensables pour toute mise en œuvre de projets hydroélectriques, de distribution d'eau, de protection contre les crues, d'assainissement, de drainage, d'irrigation, de barrages et de navigation fluviale.

Le dimensionnement, la sécurité et la bonne exploitation des ouvrages hydrauliques sont toujours liés à une évaluation saine non seulement des débits disponibles en moyenne mais surtout des débits extrêmes (crue - étiage).

Livre disponible sur site web :

https://ia801004.us.archive.org/19/items/manuelpratiqhedhydrologie/Manuel_pratique_d_hydrologie.pdf