

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I GÉNÉRALITÉS

I.1. PHILOSOPHIE DES OUVRAGES DE DÉRIVATION	1
I.1.1. INTÉRÊTS EN JEU EN CAS DE MAUVAIS FONCTIONNEMENT	1
I.1.1.1. Réseau d'irrigation	1
I.1.1.2. Ouvrages hydroélectriques	2
I.1.1.3. Influence sur la « méthodologie de l'étude ».....	3
I.1.2. MULTIPLICITÉ DES PARAMÈTRES	5
I.1.2.1. Paramètres naturels.....	5
I.1.2.2. Paramètres propres aux ouvrages	6
I.1.2.3. Conclusion	7
I.1.3. MULTIPLICITÉ DES DISCIPLINES	7
I.1.3.1. Disciplines et procédés d'étude en jeu	7
I.1.3.2. Les très grandes lignes d'une étude d'ouvrage	9
I.1.3.3. La formation des spécialistes des ouvrages de prise	10
I.2. DONNÉES FONDAMENTALES NÉCESSAIRES A L'ÉTUDE D'UN PROJET (SAUF TRANSPORT SOLIDE)	11
I.2.1. DÉBITS LIQUIDES	11
I.2.2. CORPS FLOTTANTS	12
I.2.3. LE SOUS-SOL	13
I.2.4. TOPOGRAPHIE — GÉOGRAPHIE HUMAINE.....	13
I.3. CONCLUSION	14

CHAPITRE II

TRANSPORTS SOLIDES : DONNÉES PRINCIPALES INFLUENÇANT LES OUVRAGES DE DÉRIVATION

II.1. CHARRIAGE ET SUSPENSION	17
II.2. LE CHARRIAGE	18
II.2.1. PHYSIQUE — THÉORIE — PREMIERS RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX	18
II.2.1.1. Causes physiques. — La théorie	18
II.2.1.1.1. Analyse par les vitesses. — Début du mouvement	18

II.2.1.1.2. Analyse par les forces de frottement	19
a) Début du mouvement	19
b) Débit solide en écoulement uniforme.....	21
II.2.1.2. <i>Equilibre de transport solide d'une rivière</i>	21
II.2.1.2.1. Théorie de l'équilibre	21
II.2.1.2.2. Ruptures artificielles d'équilibre	23
a) Surélévation de niveau.....	23
b) Dérivation d'un certain débit	25
c) Endiguement d'une rivière naturelle	26
d) Conclusion	28
II.2.1.3. <i>Phénomènes annexes</i>	28
II.2.1.3.1. Courants secondaires.....	28
a) Généralités du phénomène. — Son utilisation dans les ouvrages de dérivation	28
b) Courants secondaires dans un chenal courbe. Instabilité des lits en plan. — Les méandres	29
c) Affouillements à l'amont des piles de barrage	32
d) Généralisation	32
II.2.1.3.2. Usure des matériaux en charriage	32
II.2.1.4. <i>Pavage des lits de rivière</i>	34
II.2.1.4.1. Physique du phénomène.....	34
II.2.1.4.2. Paramètres fondamentaux	36
II.2.1.4.3. Incidences sur la théorie du charriage.....	37
II.2.1.4.4. Conclusion.....	37
II.2.2. MOYENS D'ÉTUDE DU CHARRIAGE.....	37
II.2.2.1. <i>Études en vraie grandeur</i>	37
II.2.2.1.1. Mesure directe du débit solide en charriage.....	37
II.2.2.1.2. Mesure indirecte par alluvionnement des retenues.....	38
II.2.2.2. <i>Études sur modèle réduit</i>	38
II.2.2.2.1. Modèles « locaux »	38
a) Type de similitude	38
b) Charge en matériaux	39
II.2.2.2.2. Modèles « d'évolution » à fond mobile	40
a) Types de modèles : modèles non distordus, modèles distordus ..	40
b) Loi débit solide - débit liquide.....	41
c) Application	41
II.2.2.2.3. Difficultés de mise en œuvre.....	41
a) Modèles locaux	41
b) Modèles d'évolution	41
II.2.2.3. <i>Formules de transport solide</i>	42
II.2.2.3.1. Généralités	42
II.2.2.3.2. Formule de Meyer Peter.....	43
II.2.2.3.3. Formule d'Einstein.....	44
II.2.2.3.4. Transport de fond avec matériaux fins	45
II.2.2.3.5. Emploi des formules. — Difficultés.....	46
II.2.2.3.6. Applications aux transports solides dans les ouvrages de dérivation.....	46
II.2.2.4. <i>Modèles mathématiques</i>	46
II.2.2.5. <i>Moyens d'étude complémentaires</i>	47
II.2.2.5.1. Profil en long des rivières	47
II.2.2.5.2. Cartes géologiques. — Photos et vues aériennes directes.....	50

II.2.3. DIVERGENCES ENTRE LES THÉORIES, LES MODÈLES ET LES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX	50
II.2.3.1. <i>Basculement des lits dus à la dérivation des eaux. — Evaluation du débit solide en charriage</i>	50
II.2.3.2. <i>Surélévation des niveaux à l'amont des retenues</i>	53
II.2.3.3. <i>Injection d'eau claire</i>	53
II.2.4. LES BASES DE L'ÉTABLISSEMENT D'UN PROJET. — CONCLUSION	54
II.2.4.1. <i>Ouvrages de dérivation et transports solides</i>	55
II.2.4.2. <i>Paramètres globaux</i>	55
II.2.4.2.1. <i>Débit critique de charriage/débit maximum dérivable</i>	55
II.2.4.2.2. <i>Débit maximum dérivable/débit moyen naturel</i>	56
II.2.4.3. <i>Charriage et dragage</i>	56
II.2.4.4. <i>Conclusion</i>	57
II.2.5. PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION	57
II.3. LE TRANSPORT EN SUSPENSION	58
II.3.1. PHYSIQUE. — THÉORIES	58
II.3.1.1. <i>Causes physiques</i>	58
II.3.1.2. <i>Analyse théorique</i>	60
II.3.1.3. <i>Remarques sur la théorie</i>	61
II.3.1.4. <i>Données expérimentales sur la turbulence. — Extension aux canaux à surface libre</i>	63
II.3.2. MOYENS D'ÉTUDE	64
II.3.2.1. <i>Généralités</i>	64
II.3.2.2. <i>Mesures dans les rivières naturelles</i>	65
II.3.2.3. <i>Mesures dans les ouvrages de décantation</i>	66
II.3.2.4. <i>Modèles réduits de décantation</i>	66
II.3.2.5. <i>Quantités transportées. Données numériques</i>	67
II.3.3. CONCLUSION	67

CHAPITRE III

HYDRAULIQUE DES OUVRAGES DE CAPTAGE

III.1. MÉTHODES DE CALCUL THÉORIQUES	71
III.1.1. CONSERVATION DE L'ÉNERGIE	71
III.1.2. ACTION DE LA FORCE CENTRIFUGE	72
III.1.2.1. <i>Généralités</i>	72
III.1.2.2. <i>Application : Ecoulements sur un profil déversant</i>	73
III.1.2.2.1. <i>Profil Creager. — Tracé</i>	73
III.1.2.2.2. <i>Profil plat</i>	76
III.1.2.2.3. <i>Profil déversant surmonté d'une vanne</i>	77
III.1.3. VARIATIONS DES QUANTITÉS DE MOUVEMENT	78

III.1.3.1. Diffusion des jets (Théorème de Borda).....	78
III.1.3.2. Aération des lames déversantes.....	80
III.1.3.3. Théorie du ressaut.....	82
III.1.4. THÉORIE DES ÉCOULEMENTS A POTENTIEL DE VITESSE.....	84
III.1.4.1. Application à une lame déversante.....	84
III.1.4.2. Tracé d'une ligne de jet.....	86
III.1.4.3. Tracé des réseaux d'écoulement.....	88
III.2. ÉTUDE DES ÉCOULEMENTS A TRAVERS LE BARRAGE.....	88
III.2.1. VANNES COMPLÈTEMENT EFFACÉES.....	88
III.2.1.1. Cas d'un écoulement fluvial dans le lit naturel.....	90
III.2.1.2. Cas d'un écoulement torrentiel.....	93
III.2.2. VANNES EN POSITION D'OUVERTURE PARTIELLE.....	96
III.2.2.1. Contraction latérale.....	96
III.2.2.2. Contraction verticale.....	96
III.2.2.2.1. Vannes à tablier vertical.....	96
III.2.2.2.2. Vannes à tablier incliné. — Vanne segment.....	97
III.2.2.3. Ecoulement noyé ou dénoyé.....	97
III.3. DISSIPATION D'ÉNERGIE A L'AVAL DU BARRAGE.....	98
III.3.1. ÉNERGIE A DISSIPER EN FONCTION DE L'OUVERTURE DES VANNES.....	98
III.3.2. ÉVOLUTION DE L'ÉNERGIE PERDUE : ÉCOULEMENT AVEC RESSAUT.....	99
III.3.3. POUVOIR D'ÉROSION ET DISSIPATION D'ÉNERGIE.....	101
III.4. ÉCOULEMENTS PARTICULIERS.....	102
III.4.1. MODULES A MASQUE.....	102
III.4.2. DÉVERSOIRS LATÉRAUX.....	104
III.4.3. OSCILLATIONS DE NIVEAUX.....	104
III.5. CONCLUSION : CALCULS ET MODÈLE RÉDUIT.....	104

CHAPITRE IV

BARRAGES MOBILES : HYDRAULIQUE, FONDATIONS,
PROBLÈMES ASSOCIÉS

IV.1. GÉNÉRALITÉS.....	109
IV.1.1. DONNÉES HYDRAULIQUES DE BASE.....	109
IV.1.1.1. Evacuation des crues. — Crue de projet.....	109
IV.1.1.2. Evacuation des débits solides.....	110
IV.1.2. DIMENSIONS DE PRINCIPE.....	110
IV.1.2.1. Calage du seuil. — Largeur. — Hauteur du barrage.....	110

IV.1.2.1.1. Calage du seuil	111
IV.1.2.1.2. Largeur du barrage.....	111
a) Cas général.....	111
b) Cas particulier : Lit très large. Transport solide faible	111
Dérivation d'un faible débit. — Dérivation temporaire.....	112
c) Conclusion	113
IV.1.2.1.3. Hauteur du barrage	116
a) Influence de la crue de projet	116
b) Surélévation par rapport au niveau de la « crue de projet »	116
c) Stockage optimal du débit solide dans les retenues	117
IV.1.2.1.4. Conclusion	118
IV.1.2.2. Vannes. — Nombre de passes	119
IV.1.2.2.1. Vannes levantes. — Vannes abaissantes. — Types de vannes. — Evolution technique actuelle.....	119
IV.1.2.2.2. Nombre de vannes	120
IV.1.2.2.3. Barrage « surélevé »	122
IV.1.2.3. Conclusion	123
IV.2. PILES ET CULÉES.....	123
IV.2.1. DIMENSIONS.....	124
IV.2.1.1. Volume total	124
IV.2.1.2. Epaisseur. — Hauteur. — Longueur. — Forme	125
IV.2.2. CONTRAINTES DANS LES PILES	127
IV.2.2.1. Répartition des contraintes moyennes.....	127
IV.2.2.2. Efforts secondaires dus aux vannes et batardeaux	127
IV.2.2.2.1. Batardeaux. — Vannes wagons	127
IV.2.2.2.2. Vannes segment.....	129
a) Vannes segment « droites »	129
b) Vannes segment « inversées »	131
IV.3. LE RADIER	132
IV.3.1. FONDATION DE L'OUVRAGE	132
IV.3.1.1. Radier général.....	132
IV.3.1.2. Radier indépendant des piles	136
IV.3.1.3. Critères de choix — « grands » et « petits » ouvrages	137
IV.3.1.4. Cas spéciaux	138
IV.3.2. PROTECTION DES ALLUVIONS CONTRE LES FORTES VITESSES. — DISSIPATION D'ÉNERGIE	140
IV.3.2.1. Ressaut localisé sur le radier	140
IV.3.2.1.1. Cote du radier.....	140
IV.3.2.1.2. Longueur du radier	143
IV.3.2.2. Radier « en tremplin ».....	144
IV.3.2.3. Forme aval du radier.....	144
IV.3.2.4. Protection du radier contre l'usure. Revêtement	145
IV.3.2.4.1. Pierre de taille.....	145
IV.3.2.4.2. Blindage métallique	146
IV.3.2.4.3. Revêtement en bois	146
IV.3.2.4.4. Solutions diverses. Conclusion	146