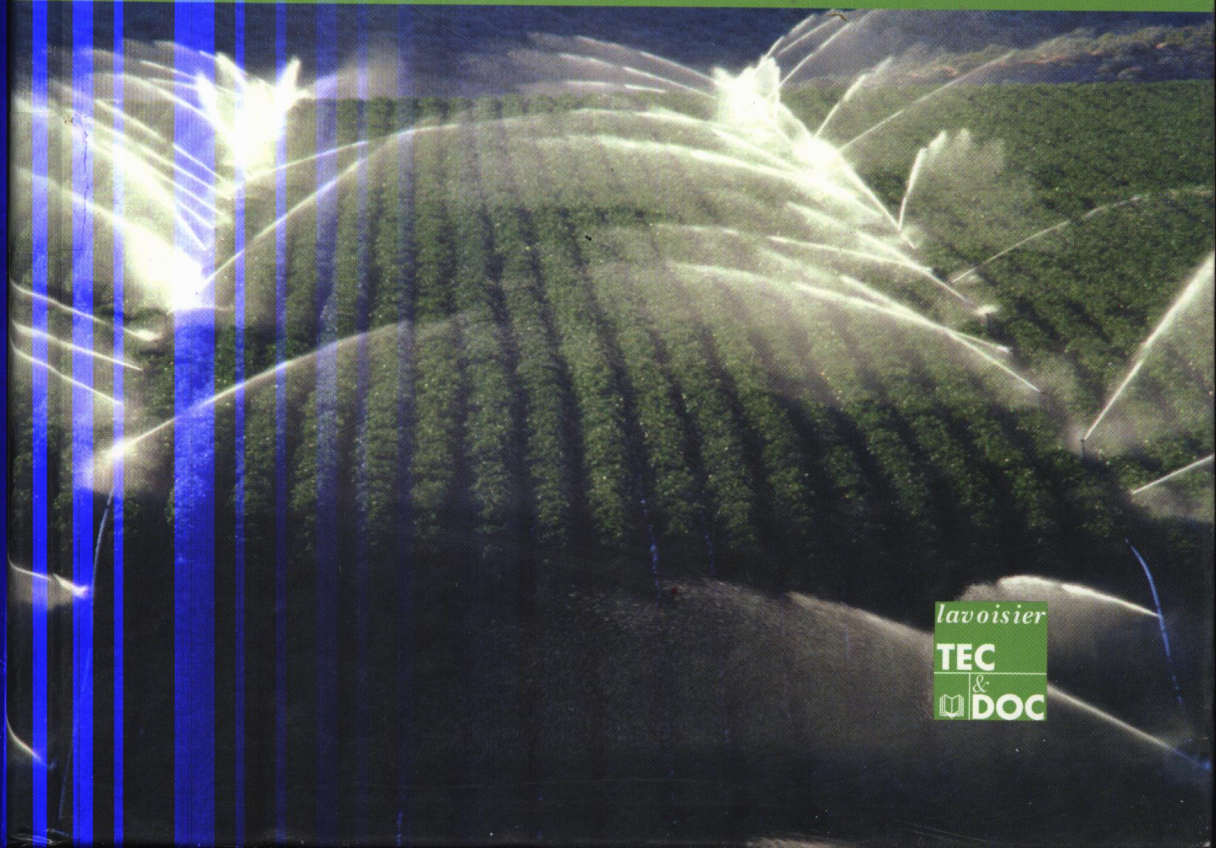
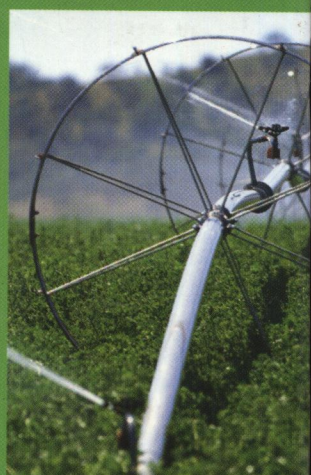


# Traité d'irrigation

Jean-Robert Tiercelin  
coordonnateur



lavoisier  
**TEC**  
&  
**DOC**

# Table des matières

Préface .....	V
Introduction générale .....	IX
Liste des auteurs .....	XI
Liste des relecteurs (sauf rédacteurs) .....	XV
Comités de lecture .....	XVII
Lexique des sigles .....	XIX

## *Première partie* **L'eau et la production**

Introduction .....	3
--------------------	---

### *Chapitre I*

<b>Généralités. L'eau dans la biosphère</b> .....	7
---	---

Introduction .....	7
1. Bilans globaux et cycle de l'eau .....	8
1.1. Bilan énergétique de l'atmosphère et cycle de l'eau .....	8
1.1.1. L'énergie solaire .....	8
1.1.2. Rétroactions thermiques et rayonnements telluriques .....	10
1.1.3. Bilans radiatifs et rééquilibrages convectifs entre interfaces et atmosphère .....	11
1.2. Cycle biosphérique de l'eau .....	13
1.2.1. Précipitations (apports) .....	13
1.2.2. Évaporations (pertes) .....	14
1.2.3. Cycle de l'eau et bilan hydrique des compartiments .....	14
1.2.4. Cycle de l'eau régional .....	16
1.3. Les systèmes thermiques de la biosphère .....	16
2. Facteurs climatiques et thermodynamiques de l'air .....	18
2.1. Les facteurs climatiques extrinsèques .....	18

2.1.1.	Les rayonnements : apport d'énergie radiative .....	18
2.1.2.	Les précipitations : apport d'eau .....	20
2.2.	Les facteurs climatiques intrinsèques .....	21
2.2.1.	La température de l'air .....	21
2.2.2.	Le contenu en eau de l'air .....	21
2.2.3.	La vitesse du vent .....	24
2.2.4.	Neutralité, instabilité et stabilité.....	27
3.	Bilan d'énergie et évaporation de surface .....	28
3.1.	Bilan d'énergie de l'interface .....	28
3.1.1.	Les termes du bilan radiatif.....	28
3.1.2.	Le bilan d'énergie.....	32
3.2.	Disponibilité de l'eau à l'interface et bilan hydrique .....	34
3.2.1.	Définition de la disponibilité en eau de surface .....	35
3.2.2.	Le bilan hydrique.....	37

### Chapitre II

## Connaissance de base des systèmes : sol, plante, atmosphère \_\_\_\_\_ 45

1.	Statique et dynamique de l'eau dans le sol.....	45
1.1.	Propriétés physiques du sol.....	45
1.1.1.	Texture.....	47
1.1.2.	Structure .....	48
1.2.	Caractérisation de la solution du sol.....	48
1.2.1.	Teneur en eau .....	48
1.2.2.	État énergétique de la solution du sol.....	49
1.2.3.	Relations entre teneur en eau et potentiel de pression.....	51
1.3.	Circulation de l'eau dans le sol.....	53
1.3.1.	Loi de comportement dynamique : la loi de Darcy généralisée ..	54
1.3.2.	Équations de continuité .....	55
1.3.3.	Équations générales des écoulements.....	57
1.4.	Régime de l'eau au champ.....	59
1.4.1.	Infiltration.....	59
1.4.2.	Redistribution .....	62
2.	Fonctionnement hydrique et écophysiologie de la plante .....	63
2.1.	Caractérisation de l'état hydrique des végétaux. ....	63
2.1.1.	Les grandeurs liées au contenu en eau des tissus. ....	63
2.1.2.	Le potentiel hydrique et ses composantes. ....	64
2.1.3.	Relation entre teneur en eau et potentiel hydrique : le diagramme d'Höfler. ....	67
2.2.	Circulation de l'eau dans la plante.....	70
2.2.1.	Les voies de circulation de l'eau dans la plante. ....	70
2.2.2.	Mécanisme de la circulation de l'eau dans la plante. ....	72
2.3.	Régulation des pertes d'eau par les stomates.....	73
2.3.1.	Description de l'appareil stomatique.....	73
2.3.2.	Mécanismes de la régulation stomatique.....	74
2.3.3.	Fonctionnement biochimique du stomate.....	75
2.3.4.	Facteurs du milieu et régulation stomatique.....	77
2.4.	Effets d'une contrainte hydrique sur le fonctionnement de la plante. ....	77

2.4.1.	Effet d'une contrainte hydrique sur la photosynthèse.....	80
2.4.2.	Effets d'une contrainte hydrique sur la croissance.....	81
2.4.3.	Conséquences sur le fonctionnement de la plante.....	82
2.5.	Conséquences sur la production végétale.....	83
2.5.1.	Phases sensibles.....	83
2.5.2.	Efficience d'utilisation de l'eau.....	84
2.6.	Conclusion.....	87
3.	Relations sol-plante et absorption hydrique.....	88
3.1.	Le rôle du sol dans l'alimentation hydrique.....	90
3.1.1.	Transferts hydriques dans le sol au cours de la phase d'approvisionnement.....	90
3.1.2.	Transferts hydriques à l'interface sol-racines au cours de la phase d'absorption.....	94
3.2.	Rôle des systèmes racinaires dans l'alimentation hydrique.....	95
3.2.1.	Dynamique spatiale des sites d'absorption.....	95
3.2.2.	Capacités d'absorption et de transport au sein du système racinaire.....	103
3.3.	Modélisation des relations sol-plante.....	107
3.3.1.	Pourquoi modéliser les transferts hydriques dans le système sol-plante ?.....	107
3.3.2.	Évolution des concepts sur les transferts hydriques sol-plante ...	108
3.3.3.	Les tendances actuelles.....	110
3.4.	Conclusion.....	111
4.	Approche théorique du continuum sol-plante-atmosphère.....	112
4.1.	Circulation de l'eau dans le continuum.....	113
4.1.1.	La circulation de l'eau dans la plante.....	113
4.1.2.	Le continuum sol-plante-atmosphère.....	120
4.2.	Méthodes et techniques de suivi de l'eau dans la plante.....	138
4.2.1.	L'analyse des structures de la plante.....	139
4.2.2.	Les potentiels hydriques de la plante.....	140
4.2.3.	La résistance stomatique.....	140
4.2.4.	La température de surface des organes.....	141
4.2.5.	L'analyse des variations de diamètre ou d'épaisseur foliaire.....	141
4.2.6.	La transpiration foliaire.....	142
4.2.7.	L'analyse des débits dans les tiges et les troncs.....	142

### Chapitre III

<b>Les besoins en eau des cultures : analyse et applications</b> .....	147
1. Bases conceptuelles de l'analyse des besoins.....	147
1.1. Approche théorique.....	148
1.1.1. Bilan énergétique et évaporation.....	148
1.1.2. L'évapotranspiration des couverts.....	154
1.2. Les déterminations de l'évapotranspiration des couverts.....	159
1.2.1. L'évapotranspiromètre pesable ou lysimètre.....	159
1.2.2. Les méthodes basées sur le bilan d'énergie.....	160
1.2.3. La méthode des fluctuations.....	161
1.2.4. Méthode basée sur l'estimation de la demande climatique.....	161

2.	Approche agrométéorologique du conseil À l'irrigation.....	162
2.1.	Données de référence pour évaluer l'évapotranspiration maximale des cultures .....	163
2.1.1.	L'évapotranspiration potentielle.....	163
2.1.2.	Les mesures par bac d'évaporation .....	164
2.1.3.	L'évapotranspiration maximale.....	164
2.1.4.	Les coefficients culturaux .....	165
2.1.5.	Variabilité spatio-temporelle de l'ETP.....	165
2.2.	Variabilité spatio-temporelle des données pluviométriques .....	166
2.2.1.	Les banques de données pluviométriques .....	166
2.2.2.	Les statistiques pluviométriques .....	166
2.2.3.	Les cartographies de la pluviométrie.....	168
2.3.	L'approche agrométéorologique de l'irrigation.....	168
2.3.1.	La modélisation du bilan hydrique du sol .....	168
2.3.2.	L'estimation statistique des besoins en eau d'irrigation .....	170
2.3.3.	Calcul du bilan hydrique du sol avant la période d'irrigation.....	171
2.3.4.	Le conseil agrométéorologique pendant la période d'irrigation .	172
2.4.	Conclusion .....	172
3.	Études pédologiques préalables à l'irrigation. Réalisation et contenu .....	173
3.1.	Objectif des études pédologiques appliquées .....	173
3.1.1.	Destinataires et sources d'information .....	173
3.1.2.	Buts généraux des études et paramètres pédologiques à caractériser.....	174
3.1.3.	Plan adopté .....	175
3.2.	Caractéristiques générales d'une étude pédologique préalable à l'irrigation .....	175
3.2.1.	Buts et échelles de la cartographie .....	175
3.2.2.	Conduite des études pédologiques .....	176
3.2.3.	Formalisation des résultats : carte, notice, systèmes d'information géographique (SIG) .....	179
3.2.4.	Études pédologiques en milieux particuliers.....	180
3.3.	Cartographie des sols et aptitude à l'irrigation .....	180
3.3.1.	Intérêt de la carte des sols : base pour la connaissance du milieu et les orientations d'aménagement .....	180
3.3.2.	Appréciation de l'aptitude à l'irrigation : critères, méthodes.....	181
3.3.3.	Schémas d'interprétation et zonages proposés .....	182
3.3.4.	Données pour la conception des ouvrages collectifs.....	183
3.4.	Typologie régionale des sols et gestion de l'irrigation à l'échelle de l'exploitation agricole .....	184
3.4.1.	Nature et utilisation des données.....	184
3.4.2.	Démarches d'acquisition des données pour une typologie des sols	184
3.4.3.	Formalisation des résultats de la typologie des sols.....	187
3.4.4.	Conditions de réalisation et d'utilisation des typologies.....	190
3.5.	Annexe : contenu des cahiers des charges .....	190
3.5.1.	Cahiers des Clauses Techniques Générales (CCTG) .....	190
3.5.2.	Cahiers des Clauses Techniques Particulières (CCTP).....	191
4.	Réserve en eau des sols et bilan pédo-climatique, approche pratique.....	191
4.1.	Expression du bilan hydrique et rôle des différents termes .....	191
4.1.1.	Variation de stock : $\Delta S$ .....	192

4.1.2.	Pluie.....	195
4.1.3.	Évapotranspiration.....	195
4.1.4.	Drainage .....	195
4.1.5.	Ruissellement .....	196
4.2.	Gestion du bilan hydrique.....	197
4.2.1.	Utilisation des mesures de teneur en eau des sols.....	197
4.2.2.	Utilisation des mesures de potentiel hydrique.....	201
4.2.3.	Synthèse.....	205
4.3.	Conclusion .....	206
5.	Méthode pratique de calcul des besoins en eau.....	206
5.1.	Évapotranspiration de référence.....	207
5.1.1.	L'équation de Penman-Monteith.....	207
5.1.2.	Évapotranspiration de référence.....	209
5.2.	Évapotranspiration des cultures et coefficients culturaux.....	212
5.2.1.	Introduction à l'évapotranspiration des cultures et aux coefficients culturaux.....	212
5.2.2.	Coefficients culturaux moyens.....	214
5.2.3.	$K_c$ de la phase initiale pour les plantes annuelles.....	216
5.2.4.	Pour la mi-saison et l'arrière-saison.....	223
5.3.	Approche des coefficients culturaux de base.....	225
5.3.1.	Coefficients culturaux de base $K_{cb}$ .....	225
5.3.2.	Le coefficient d'évaporation du sol $K_e$ .....	226
5.3.3.	Coefficient de réduction lié au stress hydrique, $K_s$ .....	228
5.3.4.	Coefficient cultural pour des conditions végétatives atypiques ..	229
5.4.	Besoin en eau d'irrigation.....	230
6.	Étude pragmatique et synthétique d'un projet. Utilisation de modèles de simulation du bilan hydrique des cultures pour mieux gérer une ressource en eau limitée. Cas de systèmes pluviaux et de l'irrigation de complément.....	232
6.1.	Généralités sur le bilan hydrique et sa modélisation .....	232
6.2.	Choix d'une date de semis optimale en conditions pluviales strictes.....	233
6.2.1.	« Comment jouer sur la date de semis afin de minimiser le risque, ou maximiser l'espérance de réussite d'une culture ? »	234
6.2.2.	Résultats des simulations.....	236
6.2.3.	Discussion .....	236
6.3.	Dimensionnement d'un système d'irrigation de complément.....	237
6.3.1.	Description du cadre .....	237
6.3.2.	Estimation des besoins nets en irrigation de complément.....	237
6.3.3.	Spécificité du problème posé par la conception d'un réseau d'irrigation de complément.....	239
6.3.4.	Les différentes étapes de l'évaluation de la demande en eau et du débit d'équipement.....	239
6.3.5.	Synthèse.....	242
6.4.	Opportunité économique d'un investissement d'irrigation de complément.....	243
6.4.1.	Quelques rappels : les fonctions eau-fondement.....	243
6.4.2.	Illustration : cas d'une étude réalisée pour une société sucrière indonésienne.....	244
6.5.	Conclusion sur les méthodes présentées.....	249

## Chapitre IV

## Aspects qualitatifs

	257
1. Irrigation, vignoble et produits de la vigne .....	257
1.1. Particularités de la biologie de la vigne .....	257
1.2. Produits de la vigne.....	258
1.2.1. La plante .....	258
1.2.2. Le raisin .....	258
1.2.3. Les produits de transformation .....	258
1.2.4. Lignes directrices de l'étude.....	259
1.3. Nécessité ou non de l'irrigation .....	259
1.3.1. Possibilité ou interdiction de l'irrigation au plan mondial .....	260
1.3.2. Préalables a la décision d'irrigation .....	261
1.4. Adaptation du vignoble à l'irrigation.....	264
1.4.1. Adaptation des variétés .....	264
1.4.2. Stratégie de production élevée .....	265
1.4.3. Stratégie de régularisation de la qualité .....	266
1.4.4. Optimisation de la forme .....	268
1.5. Mode d'irrigation.....	269
1.5.1. Irrigation gravitaire ou par submersion .....	269
1.5.2. Irrigation par aspersion.....	270
1.5.3. Irrigation localisée.....	271
1.6. Maîtrise du fonctionnement hydrique.....	271
1.6.1. Besoins en eau de la vigne .....	271
1.6.2. Pilotage des irrigations .....	272
1.7. Résultats viticoles et œnologiques. Conclusions .....	275
1.7.1. Productions de raisins de table .....	275
1.7.2. Productions de raisins de cuve .....	275
2. Irrigation et qualité des fruits. ....	276
2.1. Eau et fonctionnement végétatif de l'arbre.....	277
2.1.1. Système racinaire .....	277
2.1.2. Système aérien végétatif.....	278
2.2. Le fruit .....	279
2.2.1. Les différentes phases de croissance des fruits et leur sensibilité à la sécheresse .....	279
2.2.2. Multiplication cellulaire .....	279
2.2.3. Grossissement cellulaire : flux pédonculaire et flux transpiratoire .....	280
2.2.4. Maturation .....	283
2.3. Conduite de l'irrigation et qualité des fruits .....	283
2.3.1. Coefficients culturaux .....	283
2.3.2. La modération hydrique comme levier d'action sur la qualité des fruits .....	284
2.4. Conclusion et prospective .....	287
3. Maîtrise de la qualité des céréales .....	288
3.1. La teneur en protéines des grains, paramètre important de la qualité des céréales .....	289
3.1.1. Blé tendre .....	289

3.1.2.	Blé dur .....	290
3.1.3.	Orges de brasserie .....	291
3.2.	Facteurs de variabilité de la teneur en protéines des grains de céréales ..	291
3.2.1.	Élaboration de la teneur en protéines des grains .....	291
3.2.2.	La fertilisation azotée : un des facteurs de production les plus influents sur la teneur en protéines des grains .....	292
3.3.	Intérêt de l'irrigation pour une meilleure maîtrise de la teneur en protéines des céréales.....	294
3.3.1.	Pour éviter des teneurs en protéines trop élevées : cas des orges brassicoles et blés biscuitiers.....	294
3.3.2.	Pour assurer des teneurs en protéines élevées sans préjudice pour l'environnement .....	296
3.4.	Conclusion .....	298

## *Deuxième partie*

### **Conception technique des aménagements**

<b>Introduction</b> .....	303
---------------------------	-----

#### *Chapitre V*

<b>Ouvrages de tête et réseaux de distribution</b> .....	305
--	-----

1.	Ouvrages de dérivation et de prise d'eau en rivières.....	305
1.1.	Principe général et terminologie de base .....	305
1.2.	Transport solide en rivière .....	307
1.3.	Choix du site .....	309
1.4.	Le seuil de dérivation.....	311
1.4.1.	Types de seuils de dérivation .....	311
1.4.2.	Fondations .....	314
1.4.3.	Calculs hydrauliques .....	318
1.4.4.	Calculs de stabilité.....	320
1.4.5.	Dégravement et vanne de chasse.....	323
1.4.6.	Protection contre les corps flottants .....	325
1.4.7.	Passes à poissons .....	326
1.5.	L'ouvrage de prise .....	327
1.5.1.	Seuil de prise .....	327
1.5.2.	Vannes de prises .....	327
1.5.3.	Organes de dessablage.....	328
1.5.4.	Protection de l'ouvrage de prise contre les crues .....	331
2.	Réseaux de canaux .....	332
2.1.	Définitions .....	332
2.2.	Schéma d'un réseau de canaux .....	332
2.3.	Les ouvrages linéaires.....	333
2.3.1.	Tracé des canaux .....	333
2.3.2.	Profil en long .....	334



2.3.3.	Profils en travers.....	336
2.3.4.	Revêtement des canaux .....	340
2.4.	Ouvrages ponctuels.....	344
2.4.1.	Ouvrages de régulation de niveau .....	344
2.4.2.	Ouvrages de répartition et de prise.....	345
2.4.3.	Ouvrages de sécurité .....	352
2.4.4.	Ouvrages de franchissement.....	354
2.4.5.	Ouvrages divers.....	358
3.	Régulation des transferts d'eau en canaux : théorie .....	361
3.1.	Contexte général .....	361
3.1.1.	Les canaux d'irrigation.....	361
3.1.2.	Canal d'irrigation et système de production.....	362
3.1.3.	L'automatisation.....	365
3.2.	Classification .....	366
3.2.1.	Définition d'une classification .....	366
3.2.2.	Les variables considérées .....	367
3.2.3.	Logiques de contrôle .....	372
3.2.4.	Méthodes de synthèse.....	376
3.2.5.	Mise en œuvre .....	380
4.	Régulation des transferts d'eau en canaux : ouvrages et équipements.....	387
4.1.	Ouvrages hydrauliques et équipements hydromécaniques de réglage et de sécurité .....	387
4.1.1.	Généralités.....	387
4.1.2.	Dispositifs passifs de régulation des niveaux et débits .....	388
4.1.3.	Vannes de réglage conventionnelles .....	391
4.1.4.	Vannes autorégulatrices .....	393
4.2.	Équipements d'instrumentation .....	397
4.2.1.	Généralités.....	397
4.2.2.	Critères de qualité et de choix .....	398
4.2.3.	Capteurs de position .....	398
4.2.4.	Capteurs de niveau (ou limnimètres).....	399
4.2.5.	Procédés et équipements de mesure des débits .....	400
4.3.	Procédés et équipements de transmission à distance .....	402
4.3.1.	Généralités.....	402
4.3.2.	Transmission par câbles du type téléphonique.....	403
4.3.3.	Transmission par câbles à fibres optiques .....	404
4.3.4.	Transmission par radio UHF/VHF .....	405
4.3.5.	Transmission par faisceaux hertziens.....	406
4.4.	Équipements de traitement des données .....	407
4.4.1.	Incidence de l'évolution de la technologie.....	407
4.4.2.	Régulateurs locaux électromécaniques .....	407
4.4.3.	Régulateurs numériques et postes locaux à base de microprocesseurs .....	408
4.4.4.	Équipement des postes centraux.....	409
4.5.	Conclusion .....	412
5.	Réseaux collectifs d'irrigation sous pression .....	412
5.1.	Tracé économique .....	413
5.2.	Description des réseaux ramifiés .....	413
5.3.	Calcul des débits .....	413

5.4.	Calcul optimal du réseau et de la station de pompages .....	414
5.4.1.	Coûts liés au réseau, méthode de dimensionnement économique .....	415
5.4.2.	Coûts liés à la station de pompage .....	417
5.4.3.	Optimisation globale .....	418
5.4.4.	Cas des surpresseurs .....	418
5.5.	Renforcement .....	418
5.6.	Calcul de la courbe caractéristique du réseau .....	419
5.6.1.	Caractéristique supérieure .....	420
5.6.2.	Caractéristiques indicées .....	422
5.6.3.	Tracé final .....	422
5.7.	Les protections anti bélier .....	422
5.8.	Cas des réseaux maillés .....	422
5.9.	Maintenance .....	423
5.10.	Conclusion .....	423

## *Chapitre VI*

<b>Irrigation à la parcelle</b> .....	429
1. Panorama des techniques d'irrigation et éléments de choix .....	429
1.1. Les techniques d'irrigation a la parcelle .....	429
1.1.1. Les techniques d'irrigation de surface .....	429
1.1.2. Les techniques d'irrigation sous pression .....	442
1.1.3. Les techniques d'irrigation de sub-surface, ou subirrigation .....	446
1.2. Choix des techniques d'irrigation .....	446
1.2.1. Généralités .....	446
1.2.2. Avantages et inconvénients des techniques d'irrigation de surface .....	447
1.2.3. Avantages et inconvénients communs aux techniques d'irrigation sous pression .....	448
1.2.4. Avantages et inconvénients spécifiques de l'aspersion .....	448
1.2.5. Avantages et inconvénients spécifiques de l'irrigation localisée .....	449
1.2.6. Avantages et inconvénients de l'irrigation souterraine par drains enterrés. ....	449
2. Irrigation de surface .....	450
2.1. Bref rappel des principales méthodes d'irrigation de surface .....	450
2.2. Équations de base .....	453
2.2.1. Équations de l'écoulement. ....	453
2.2.2. Équations de l'infiltration .....	454
2.2.3. Modèles de simulation .....	454
2.3. Infiltration .....	455
2.4. Évaluation des irrigations à la parcelle. ....	456
2.5. Conception de projet .....	459
2.6. Exigences relatives au nivellement .....	459
2.7. Conduite des arrosages .....	462
2.8. Automatisation .....	463
2.9. Gestion du sol .....	467
2.10. Fertigation .....	469
2.11. Pilotage de l'irrigation .....	471

3.	Irrigation par aspersion.....	471
3.1.	Généralités .....	471
3.1.1.	Qualité de l'arrosage .....	471
3.1.2.	Architecture d'un système d'arrosage.....	473
3.2.	Les organes d'arrosage .....	473
3.2.1.	Débit des organes d'arrosage .....	473
3.2.2.	Différents types d'organes d'arrosage.....	474
3.2.3.	Un point pratique essentiel : la pression de service.....	475
3.3.	Les systèmes de répartition de l'eau .....	476
3.3.1.	Considérations générales.....	476
3.3.2.	Éléments communs de dimensionnement pour les différents types d'installations .....	476
3.3.3.	Les quadrillages d'asperseurs.....	477
3.3.4.	L'enrouleur.....	482
3.3.5.	Les rampes automotrices articulées.....	484
3.4.	Dispositifs d'alimentation de la parcelle .....	487
3.5.	Conception des installations .....	487
3.6.	Contrôle des risques liés à l'aspersion.....	488
3.6.1.	Inconvénients rencontrés au niveau du sol.....	488
3.6.2.	L'effet du vent.....	491
3.6.3.	L'utilisation d'eaux de qualité médiocre.....	496
3.6.4.	Les difficultés liées à la topographie.....	496
3.7.	Applications particulières de l'aspersion.....	497
3.7.1.	Application de substances chimiques.....	497
3.7.2.	Lutte antigel.....	497
3.7.3.	Utilisation d'eaux résiduaires.....	498
4.	Irrigation localisée.....	498
4.1.	Définitions .....	498
4.2.	Développement .....	498
4.3.	Avantages et inconvénients .....	500
4.3.1.	Avantages .....	500
4.3.2.	Inconvénients.....	501
4.4.	Les composants d'une installation d'irrigation localisée.....	502
4.5.	La ressource en eau.....	502
4.5.1.	Origines de l'eau .....	502
4.5.2.	Disponibilité en eau.....	503
4.5.3.	Analyse d'eau .....	504
4.6.	La station de tête .....	504
4.6.1.	Le compteur d'eau.....	505
4.6.2.	Le clapet anti-retour .....	505
4.6.3.	Le régulateur de pression aval.....	505
4.6.4.	La soupape de décharge .....	505
4.6.5.	La ventouse.....	505
4.7.	La filtration de l'eau .....	506
4.8.	Les causes d'obstruction.....	506
4.8.1.	Obstruction physique.....	506
4.8.2.	Obstruction chimique .....	507
4.8.3.	Obstruction biologique.....	507
4.9.	Les différents types de filtre .....	507

4.9.1. Les filtres à sable .....	507
4.9.2. Les filtres à tamis .....	508
4.9.3. Les filtres à disques .....	510
4.10. La chimigation .....	510
4.10.1. La fertigation .....	510
4.10.2. Les matériels d'injection .....	511
4.11. L'automatisation .....	515
4.11.1. Généralités .....	515
4.11.2. Les vannes volumétriques .....	515
4.11.3. Les vannes hydrauliques .....	515
4.11.4. Les vannes électriques .....	515
4.11.5. Les programmeurs d'arrosage .....	516
4.11.6. Les ordinateurs d'arrosage .....	516
4.12. Les distributeurs .....	517
4.12.1. Considérations générales .....	517
4.12.2. Différents types de distributeurs .....	521
4.12.3. Critères de choix des distributeurs .....	523
4.12.4. Essais des distributeurs .....	524
4.13. Les canalisations .....	527
4.13.1. Les canalisations principales et secondaires .....	527
4.13.2. Le porte-rampe .....	528
4.13.3. Les rampes .....	528
4.14. Entretien du réseau .....	528
4.14.1. Lutte contre le colmatage organique .....	528
4.14.2. Lutte contre le colmatage chimique .....	529
4.14.3. Purge des canalisations .....	529
4.15. Contrôle des installations .....	529
4.15.1. Mode opératoire .....	530
4.15.2. Résultats .....	530
5. L'irrigation souterraine par réseaux de drainage ou subirrigation .....	531
5.1. Principes généraux et extension de la technique .....	531
5.2. Conception des réseaux .....	532
5.2.1. Les éléments constitutifs d'un réseau .....	532
5.2.2. Conditions d'application de la technique .....	534
5.2.3. Outils pour la conception du réseau .....	534
5.3. Conduite et résultats de la subirrigation .....	535
5.3.1. Contrôle de la nappe et pilotage des arrosages .....	535
5.3.2. Résultats Agronomiques .....	536
5.3.3. Efficience .....	536
5.4. Conclusion .....	537

## Chapitre VII

<b>Aménagements spéciaux</b> .....	543
1. Cultures de crue et de décrue contrôlées	
Cas de l'Afrique de l'ouest .....	543
1.1. Les cultures traditionnelles de crue et de décrue .....	543

1.1.1.	Typologie des utilisations traditionnelles des crues naturelles ...	543
1.1.2.	La riziculture traditionnelle .....	544
1.1.3.	La culture de décrue le long des fleuves Sénégal et Niger.....	545
1.2.	Les aménagements de submersion contrôlée .....	546
1.2.1.	Principes de l'aménagement type .....	546
1.2.2.	Gestion hydraulique de l'aménagement .....	547
1.2.3.	Les études préalables à un aménagement de submersion contrôlée .....	548
1.2.4.	Choix des fréquences de protection contre les crues et des fréquences de remplissage .....	549
1.2.5.	Sécurisation du remplissage .....	550
1.2.6.	Les aménagements pour l'élevage .....	551
1.2.7.	Les « semi-aménagements » .....	551
1.3.	L'intensification des aménagements de submersion .....	552
1.3.1.	Division des cuvettes .....	552
1.3.2.	La sécurisation de la phase pluviale .....	554
1.3.3.	La création de périmètres irrigués à l'intérieur des périmètres ...	554
1.4.	Les aménagements pour la décrue .....	554
1.4.1.	L'aménagement type pour la décrue .....	554
1.4.2.	Calcul des aménagements de décrue .....	555
1.4.3.	Intensification de la culture de décrue contrôlée .....	555
1.4.4.	Autres aménagements de décrue .....	556
1.5.	La rentabilité des aménagements de submersion et décrue contrôlée ....	556
1.5.1.	Le coût des aménagements de submersion contrôlée.....	556
1.5.2.	Espérances de production .....	557
1.5.3.	Rentabilité des aménagements de submersion ou décrue contrôlée .....	558
1.6.	Conclusions.....	558
1.6.1.	Avantages et inconvénients de la submersion et de la décrue contrôlées .....	558
1.6.2.	L'avenir de la submersion contrôlée .....	559
2.	L'aménagement des bas-fonds en Afrique de l'Ouest .....	560
2.1.	Les bas-fonds en Afrique de l'Ouest .....	561
2.1.1.	Qu'est-ce qu'un bas-fond ? .....	561
2.1.2.	Une alimentation en eau multiple, une hydrologie complexe ....	563
2.1.3.	Des grands types régionaux, selon le climat et le substrat géologique .....	564
2.2.	L'enjeu des bas-fonds dans les systèmes de production.....	566
2.2.1.	Un milieu spécifique, un espace multi-usages .....	566
2.2.2.	Un enjeu économique.....	567
2.2.3.	Les contraintes hydriques et hydrologiques des systèmes de culture de bas-fonds.....	569
2.3.	Les principes de l'aménagement de bas-fond.....	571
2.3.1.	L'aménagement est un investissement foncier, qui s'intègre dans un espace multi-usages .....	571
2.3.2.	Aménager en réponse à des demandes définies .....	572
2.3.3.	Une maîtrise partielle de l'eau.....	573
2.3.4.	Les étapes de la préparation technique d'un projet d'aménagement .....	573

2.4. Des modèles techniques variés, en évolution .....	574
2.4.1. En zone sahélo-soudanienne .....	574
2.4.2. En zone soudanienne .....	577
2.4.3. En zone guinéenne.....	579
2.5. Conclusions.....	580

### Chapitre VIII

## Qualité et performance des équipements et systèmes d'irrigation

	583
1. Normalisation et certification dans le domaine de l'irrigation.....	583
1.1. Pourquoi une normalisation en matière d'irrigation ? .....	583
1.1.1. Le caractère mondial de l'industrie de l'irrigation .....	583
1.1.2. Les spécificités des techniques d'irrigation et de leurs utilisateurs dans les différentes régions du monde .....	583
1.1.3. Une utilisation accrue des technologies modernes.....	584
1.2. À quoi servent les normes ? .....	584
1.2.1. Terminologie utilisée.....	585
1.2.2. Les normes et la technique .....	586
1.2.3. Les normes et le temps .....	587
1.2.4. Utilisation des normes dans les différents pays.....	587
1.3. À qui servent les normes ? Les partenaires de la normalisation en irrigation.....	588
1.4. Les différents niveaux de normalisation .....	589
1.4.1. Les normes nationales .....	589
1.4.2. Les normes européennes .....	589
1.4.3. Les normes internationales.....	593
1.5. Le travail de normalisation : l'élaboration, l'approbation et la publication d'une norme .....	593
1.5.1. Élaboration .....	593
1.5.2. Approbation.....	596
1.5.3. Publication.....	596
1.6. La certification des équipements et des systèmes d'irrigation .....	596
1.6.1. La certification de produits et les marques de qualité .....	597
1.6.2. La certification d'entreprise .....	597
1.6.3. La certification des personnes et des services .....	598
1.6.4. Le marquage CE.....	598
1.7. Les essais et les laboratoires d'essais .....	598
1.8. Perspectives .....	599
2. Essais des matériels et des systèmes d'irrigation, qualité et certification .....	599
2.1. Pourquoi des essais ? .....	599
2.1.1. Pour les utilisateurs .....	600
2.1.2. Pour les industriels .....	600
2.1.3. Pour l'intérêt général .....	600
2.1.4. Utiliser des méthodes d'essais reconnues .....	601
2.1.5. Améliorer la qualité des matériels et systèmes d'irrigation : un enjeu mondial .....	601

2.2.	Les laboratoires d'essais et leurs partenaires .....	601
2.2.1.	Le rôle des laboratoires .....	602
2.2.2.	La certification et l'assurance de la qualité .....	603
2.3.	Sur quoi portent les essais ? .....	603
2.3.1.	Les matériels .....	603
2.3.2.	Les systèmes .....	603
2.4.	La place des essais dans le contexte normatif général .....	604
2.4.1.	En amont des essais : les normes et les contrôles de qualité .....	604
2.4.2.	En aval des essais : l'utilisation des résultats .....	604
2.5.	Les essais en irrigation : quelques exemples .....	605
2.5.1.	Essais de performance hydraulique et de répartition d'eau .....	605
2.5.2.	Essais de perte de charge et d'aptitude à l'usage .....	605
2.5.3.	Essais de durabilité et de vieillissement .....	605
2.5.4.	Essais de sécurité .....	606
2.5.5.	Essais de performance au champ .....	606

### *Troisième partie*

## **Aspects environnementaux**

<b>Introduction</b> .....	611
---------------------------	-----

### *Chapitre IX*

<b>Aspects environnementaux</b> .....	613
1. Irrigation et pollutions diffuses .....	613
1.1. Pollutions diffuses .....	614
1.1.1. Origine de la pollution .....	614
1.1.2. Conséquences environnementales et sanitaires .....	614
1.2. Aspects réglementaires .....	615
1.2.1. Qualité des eaux de consommation .....	615
1.2.2. Qualité des eaux superficielles et souterraines .....	615
1.3. Impacts de l'irrigation .....	616
1.3.1. Problématique .....	616
1.3.2. Risques liés aux apports d'eau .....	617
1.3.3. Risques liés aux pratiques d'irrigation .....	618
1.4. Risques liés à la fertilisation .....	620
1.4.1. Niveaux de fertilisation .....	620
1.4.2. Mode d'apport des engrais .....	620
1.4.3. L'irrigation fertilisante ou fertigation .....	621
1.5. Risques liés aux traitements phytosanitaires .....	622
1.5.1. Pollutions ponctuelles .....	622
1.5.2. Pollutions diffuses .....	622
1.6. Évaluation des risques de pollution diffuse .....	623
1.6.1. Les méthodes courantes de terrain .....	623
1.6.2. Les outils de modélisation .....	624
1.6.3. Les outils cartographiques .....	624

1.7.	Conclusion .....	624
2.	Réutilisation Agricole des eaux usées .....	625
2.1.	Caractéristiques de la qualité des eaux usées.....	626
2.2.	Qualité microbiologique, chimique et choix des cultures.....	627
2.3.	La concentration en éléments fertilisants.....	629
2.3.1.	Azote (N).....	629
2.3.2.	Phosphore (P) .....	629
2.3.3.	Potassium (K).....	630
2.3.4.	Autres nutriments .....	630
2.4.	Choix de la méthode d'irrigation .....	630
2.4.1.	L'irrigation de surface .....	631
2.4.2.	L'irrigation par aspersion .....	634
2.4.3.	L'irrigation localisée .....	636
2.4.4.	Sensibilité des distributeurs au bouchage.....	637
3.	Drainage et assainissement des périmètres irrigués .....	640
3.1.	Le drainage en périmètre irrigué.....	640
3.1.1.	Définitions .....	641
3.1.2.	Excès d'eau – excès de sels .....	641
3.1.3.	Drainage en périmètres irrigués .....	643
3.2.	Évaluation des besoins en drainage .....	643
3.2.1.	Diagnostic du système .....	646
3.2.2.	Scénarios d'évolution .....	650
3.3.	Techniques et dimensionnement du drainage en périmètres irrigués .....	650
3.3.1.	Drainage de surface .....	651
3.3.2.	Drainage souterrain horizontal .....	651
3.3.3.	Drainage souterrain vertical. ....	660
3.3.4.	Critères de choix entre différentes techniques .....	661
3.3.5.	Matériels utilisés et méthodes de construction .....	663
3.3.6.	Entretien et pérennité des systèmes de drainage .....	664
3.4.	Réutilisation et rejet des eaux de drainage.....	665
3.4.1.	Potentialités et stratégies de réutilisation .....	665
3.4.2.	Rejet des eaux de drainage .....	666
4.	Les milieux salés .....	667
4.1.	Les sels dans le paysage.....	667
4.2.	Les argiles et la solution du sol.....	670
4.2.1.	Mécanismes d'échange sol-solution.....	672
4.2.2.	Le pourcentage de sodium échangeable du sol : Na/T.....	672
4.2.3.	Le SAR (Sodium Absorption Ratio) de la solution du sol .....	673
4.2.4.	Conductivité électrique de la solution du sol .....	674
4.3.	La pression osmotique .....	674
4.4.	L'oxydoréduction.....	675
4.5.	Classification des sols salés .....	676
4.6.	Classification des eaux d'irrigation .....	677
4.7.	Mesure de la salure des sols sur le terrain .....	678
4.7.1.	Mesures ponctuelles .....	678
4.7.2.	Mesures spatialisables .....	678
4.7.3.	Télédétection .....	681
4.8.	Les bilans salins à la parcelle.....	681
4.9.	Modélisation du comportement salin des sols irrigués.....	682



4.10. Réhabilitation des sols salins .....	683
4.11. Réhabilitation des sols sodiques et alcalins .....	685
4.12. Utilisation de plantes résistantes à la salure.....	686
4.13. Conclusion .....	686
5. Contrôle des maladies parasitaires liées aux aménagements hydrauliques.....	687
5.1. Vecteurs des maladies parasitaires .....	688
5.2. Principales maladies parasitaires liées aux aménagements hydrauliques	689
5.2.1. Paludisme .....	689
5.2.2. Schistosomiase .....	689
5.2.3. Onchocercose .....	691
5.3. Lutte contre les maladies parasitaires .....	692
5.3.1. Lutte chimique.....	693
5.3.2. Lutte biologique .....	693
5.3.3. Aménagement de l'environnement .....	694
5.3.4. Procédure d'évaluation des risques et des mesures de prévention	698
5.4. Conclusion .....	699

### *Quatrième partie*

## **Aspects économiques, sociaux et politiques**

<b>Introduction</b> .....	711
---------------------------	-----

### *Chapitre X*

<b>Aspects économiques, sociaux et politiques</b> .....	713
1. L'évaluation économique des projets.....	713
1.1. Comment juger de l'intérêt d'un projet pour la collectivité ?.....	714
1.1.1. Le rôle de l'État dans une économie de marché.....	714
1.1.2. Le rôle de l'État dans la production .....	715
1.1.3. Les « grands travaux » et la fermeture du circuit économique ...	715
1.2. « Méthode des effets » ou « méthode des prix de référence » :	
les deux faces d'une même pièce.....	716
1.2.1. L'économie nationale comme problème	
de programmation mathématique.....	717
1.2.2. Le théorème de la dualité .....	718
1.2.3. L'insertion d'un projet dans un tel contexte.....	718
1.3. Comment définir et mesurer les effets directs d'un projet ?.....	719
1.3.1. Délimitation économique du projet, et estimation des	
quantités produites.....	719
1.3.2. La question des prix de référence.....	721
1.3.3. Comment déterminer la valeur de l'épargne et du capital	
dans un avenir incertain ?.....	722
1.4. Remarques pour conclure .....	724
2. Stratégies des acteurs et Aménagements hydro-agricoles.....	725
2.1. Pour une prise en compte des stratégies des producteurs .....	725
2.2. Propositions d'une approche pour étudier les stratégies des producteurs	726

2.2.1.	Définition proposée .....	726
2.2.2.	Brève présentation de quelques implications méthodologiques..	727
2.2.3.	Développer une approche typologique des pratiques des acteurs	728
2.3.	Bref essai d'illustration de la méthode : présentation de quelques observations sur les stratégies des producteurs de l'Office du Niger .....	729
2.3.1	Aperçus sur la situation des producteurs : .....	729
2.3.2.	Acteurs et objectifs. ....	730
2.3.3.	Observations sur quelques types de stratégies des producteurs ..	733
2.4.	Conclusion .....	736
3.	Questions sur l'irrigation, comme instrument privilégié des politiques agricoles et alimentaires méditerranéennes	
	Exemples du Maroc, de la Tunisie et de la Turquie .....	737
3.1.	L'irrigation : instrument privilégié des politiques agroalimentaires des pays méditerranéens .....	738
3.2.	Les résultats mitigés des politiques d'irrigation .....	739
3.2.1.	Utilisation des ressources productives .....	739
3.2.2.	Accroissement des productions .....	741
3.3.	L'intensification des cultures pluviales : une alternative ? .....	742
3.3.1.	Les atouts .....	742
3.3.2.	Les difficultés .....	742
3.3.3.	Les possibilités .....	744
3.4.	Les freins à l'intensification de l'agriculture irriguée dans les grands périmètres .....	744
3.4.1.	Des aménagements peu au service de la mise en valeur agricole	744
3.4.2.	Décalage entre stratégie étatique et logiques paysannes .....	745
3.4.3.	Participation insuffisante des agriculteurs .....	745
3.5.	Conclusion .....	746
4.	L'irrigation dans le cadre des politiques de gestion des ressources en eau .....	746
4.1.	Le concept de ressource en eau .....	746
4.2.	Pourquoi et comment gérer les ressources en eau ? .....	747
4.3.	Une demande en eau très spécifique .....	748
4.3.1.	Aspects généraux .....	748
4.3.2.	Aspects économiques : .....	749
4.4.	L'irrigation dans le monde .....	750
4.5.	L'irrigation et l'aménagement des eaux .....	754
4.6.	Variété des situations et des problèmes .....	754
4.6.1.	Pays tempérés développés .....	755
4.6.2.	Pays arides et semi-arides, notamment méditerranéens .....	756
4.7.	Conclusions .....	757
5.	Passé et actualité de l'irrigation dans le monde .....	758
5.1.	L'irrigation, un passé extrêmement ancien .....	758
5.1.1.	Les débats sur la naissance de l'irrigation .....	758
5.1.2.	Les aires de naissance de l'irrigation .....	760
5.1.3.	Les irrigations en Europe .....	783
5.2.	L'actualité de l'irrigation .....	786
5.2.1.	L'essor contemporain de l'irrigation .....	786
5.2.2.	Compter sur l'irrigation pour nourrir une population mondiale en croissance .....	790
6.	La recherche en irrigation .....	793

6.1.	État des lieux et définition de programmes de recherche .....	793
6.2.	Problèmes et besoins de recherche en irrigation.....	794
6.2.1.	Économiser l'eau.....	794
6.2.2.	Conserver les sols.....	797
6.2.3.	Bien choisir et bien utiliser les matériels d'irrigation .....	798
6.2.4.	La recherche en économie appliquée à l'irrigation .....	799
6.2.5.	Réhabilitation, management et approche systémique .....	800
6.2.6.	Suivre et évaluer les périmètres irrigués .....	800
6.3.	L'organisation de la recherche et le transfert des acquis .....	800
6.3.1.	Organisations internationales .....	801
6.3.2.	Organisations nationales.....	802

### *Cinquième partie*

## **Management des périmètres irrigués**

<b>Introduction</b> .....	811
---------------------------	-----

### *Chapitre XI*

#### **Management d'un organisme gestionnaire de périmètre irrigué**

<b>Management d'un organisme gestionnaire de périmètre irrigué</b> .....	813
1. Organisation et fonctionnement d'un service de distribution d'eau.....	813
1.1. L'exploitation au sein de l'organisme de gestion d'un périmètre irrigué	813
1.2. Les missions de l'exploitation .....	814
1.2.1. Mission principale .....	814
1.2.2. La mission technique.....	814
1.2.3. La mission de gestion des relations.....	814
1.3. L'organisation du service de distribution .....	815
1.3.1. Le personnel d'exploitation – Qualification et tâches confiées ..	815
1.3.2. L'organisation de l'encadrement du personnel d'exploitation....	817
1.3.3. Autres moyens à mettre en œuvre .....	818
1.3.4. Les services d'appui .....	819
2. Maintenance des ouvrages et équipements.....	819
2.1. Définitions de base.....	819
2.1.1. Définition de la maintenance.....	819
2.1.2. Les types d'actions de maintenance .....	819
2.1.3. Les niveaux de maintenance.....	820
2.2. Organisation générale de la fonction maintenance pour les aménagements d'hydraulique agricole.....	821
2.2.1. Principes d'une politique de maintenance.....	821
2.2.2. Principes d'organisation de la maintenance .....	821
2.3. Enregistrement des données.....	824
2.3.1. Inventaires .....	825
2.3.2. Enregistrement des interventions de maintenance .....	826
2.3.3. Possibilités d'exploitation des données enregistrées.....	829
2.3.4. Choix d'un logiciel de GMAO.....	829

2.3.5.	Mise en œuvre de la GMAO .....	829
2.4.	Traitement des données de maintenance, optimisation des actions.....	830
2.4.1.	Coûts de maintenance.....	830
2.4.2.	Fiabilité.....	830
2.4.3.	Taux de défaillance .....	831
2.4.4.	Statistiques.....	831
2.5.	Techniques d'analyse de la fiabilité.....	831
2.5.1.	Généralités.....	831
2.5.2.	AMDEC.....	832
2.5.3.	MBF.....	833
2.6.	Techniques de maintenance préventive .....	833
2.6.1.	Généralités.....	833
2.6.2.	Maintenance préventive systématique.....	834
2.6.3.	Maintenance prédictive .....	836
2.6.4.	Remplacement anticipé d'équipements ou sous ensembles .....	836
2.6.5.	Organisation du calendrier des interventions .....	837
2.7.	Gestion des matières consommables, pièces de rechange, magasins, stocks .....	837
2.7.1.	Généralités, nécessité des stocks .....	837
2.7.2.	Matériel de secours immédiat (MSI).....	838
2.8.	Les contrats de sous-traitance .....	839
2.8.1.	L'inventaire .....	839
2.8.2.	Règles de l'appel d'offres.....	839
2.8.3.	Les clauses techniques.....	840
2.8.4.	Articles concernant les clauses juridiques et financières .....	841
2.9.	Financement de la maintenance.....	841
2.9.1.	Généralités.....	841
2.9.2.	Ratios estimatifs des coûts d'entretien (maintenance préventive et corrective) .....	842
2.9.3.	Ratios estimatifs des besoins de financement pour le renouvellement .....	843
2.9.4.	Constitution du budget de maintenance .....	844
2.10.	Politique de qualité en matière de maintenance.....	845
3.	Management général d'un organisme gestionnaire de périmètre irrigué .....	845
3.1.	Missions de l'organisme de gestion de périmètre irrigué.....	845
3.1.1.	Fonctions à assurer pour la bonne marche du périmètre .....	845
3.1.2.	Répartition des fonctions entre les acteurs .....	847
3.1.3.	Évolution dans le temps de l'organisation .....	850
3.2.	Cadre institutionnel et juridique .....	851
3.2.1.	Cadre juridique .....	851
3.2.2.	Relations de l'organisme de gestion avec l'État .....	852
3.2.3.	Relations de l'organisme de gestion avec les irrigants.....	853
3.3.	Équilibre financier de l'organisme de gestion .....	856
3.3.1.	Macroéconomie, microéconomie .....	856
3.3.2.	Déficits intercalaires.....	857
3.3.3.	Prix de l'eau.....	858
3.3.4.	Financement de la maintenance, du gros entretien et du renouvellement .....	859
3.4.	Principes d'organisation des services de l'organisme de gestion .....	860

3.4.1. Critères de regroupement .....	860
3.4.2. Responsabilité de gestion .....	861
3.4.3. Mise en œuvre de l'organisation .....	862

## Chapitre XII

<b>Gestion de l'eau pour l'irrigation</b> .....	863
1. Principes et pratiques de la distribution de l'eau dans les systèmes gravitaires .....	863
1.1. Les contraintes de la distribution .....	864
1.1.1. Contraintes à l'échelle de la parcelle .....	864
1.1.2. Contraintes techniques à l'échelle du réseau .....	866
1.1.3. Contraintes de la rareté relative de l'eau .....	866
1.1.4. Contraintes sociales .....	866
1.2. Les trois modes génériques de distribution de l'eau .....	867
1.2.1. Distributions rigides .....	867
1.2.2. Distribution par gestion centrale .....	869
1.2.3. Distribution à la demande .....	869
1.3. Modalités formelles d'assouplissement du tour d'eau .....	870
1.3.1. Rotations modulées .....	870
1.3.2. Rotations souples .....	870
1.3.3. Distribution arrangée .....	871
1.4. Le paramétrage des modes de distribution .....	872
1.4.1. Allocation des volumes d'eau aux parcelles, notion de droit d'eau .....	872
1.4.2. Choix de l'ordre des arrosages (en distribution au tour d'eau) ...	874
1.4.3. Divers éléments d'assouplissement .....	875
1.5. La distribution entre groupes d'utilisation .....	876
1.6. La distribution dans la pratique .....	877
1.6.1. Facteurs hydrauliques : des débits livrés aléatoires .....	878
1.6.2. Facteurs humains : stratégies et tactiques agricoles .....	878
1.7. Évolution des systèmes irrigués au cours du temps .....	880
1.8. Conclusion .....	881
2. Gestion de la demande en eau dans un contexte de ressource limitée .....	882
2.1. Recherche de l'équilibre a long terme .....	883
2.1.1. L'approche économique de l'équilibre à long terme .....	883
2.1.2. La confrontation « demande-ressource » : le schéma d'aménagement .....	885
2.2. Recherche de l'équilibre a moyen et court terme : la gestion opérationnelle .....	892
2.2.1. Justification économique d'une gestion à plusieurs pas de temps	892
2.2.2. La concertation entre usagers : pas de temps annuel .....	894
2.2.3. La gestion stratégique ou gestion au pas de temps hebdomadaire	895
2.2.4. La gestion au pas de temps horaire .....	896
2.3. Conclusion .....	899
3. Gestion de l'irrigation au niveau de l'exploitation agricole .....	900
3.1. Les questions des agriculteurs .....	900
3.1.1. Les décisions stratégiques .....	901

3.1.2.	Les décisions tactiques .....	902
3.2.	« L'approche exploitation » : une démarche à privilégier dans le conseil en irrigation .....	902
3.3.	La mise au point d'une méthode de diagnostic de la gestion de l'irrigation à l'échelle de l'exploitation agricole.....	903
3.3.1.	La capacité d'arrosage.....	903
3.3.2.	Les pluies et la contribution du sol.....	903
3.3.3.	Les objectifs de production .....	904
3.4.	Des outils pour une meilleure gestion des systèmes irrigués de grandes cultures.....	905
3.4.1.	Le logiciel LORA : raisonner l'assolement sur le périmètre irrigable .....	905
3.4.2.	Le simulateur IRMA : raisonner les règles de conduite et d'organisation des chantiers d'irrigation .....	906
3.4.3.	Le logiciel IRRISA : établir un équilibre entre les besoins et les moyens, et gérer l'irrigation pendant la campagne d'irrigation ..	908
3.5.	La maîtrise de l'irrigation pour les cultures à forte marge .....	910
3.5.1.	La nécessité de savoir ce qui se passe dans le sol .....	911
3.5.2.	Du progrès de l'informatique à celui de la maîtrise des arrosages	911
3.6.	Conclusion .....	911
4.	Téledétection et systèmes d'information géographique appliqués à l'irrigation et au drainage.....	912
4.1.	Téledétection et information géographique .....	912
4.1.1.	Définitions .....	912
4.1.2.	Grandeurs mesurables .....	913
4.1.3.	Acquisition et traitement des images satellitaires .....	913
4.2.	Évaluation du potentiel d'irrigation .....	914
4.2.1.	Ressources en eau souterraine .....	914
4.2.2.	Ressources en eau de surface .....	914
4.2.3.	Potentiel économique .....	914
4.3.	Gestion de périmètres irrigués .....	914
4.3.1.	Grands et petits périmètres .....	914
4.3.2.	Applications.....	915
4.4.	Suivi du drainage et de la salinité .....	916
4.4.1.	Drainage .....	916
4.4.2.	Salinité.....	916
4.5.	Opérationnalité et coûts .....	916
4.5.1.	Opérationnalité .....	916
4.5.2.	Coûts.....	917
4.6.	Conclusion .....	917

### *Sixième partie*

## **Démarche générale pour la conception ou la réhabilitation de projets d'irrigation**

Chapitre XIII

**Démarche générale pour la conception  
ou la réhabilitation de projets d'irrigation** \_\_\_\_\_ 925

- 1. Contexte général ..... 925
  - 1.1. L'eau dans le contexte d'une gestion globale ..... 925
  - 1.2. L'adaptation des techniques au contexte local ..... 926
  - 1.3. La prise en compte des contraintes environnementales ..... 926
  - 1.4. La participation des bénéficiaires ..... 926
  - 1.5. Buts du présent chapitre ..... 927
- 2. Revue du secteur de l'irrigation et formulation d'une stratégie ..... 927
  - 2.1. Revue du secteur de l'irrigation ..... 928
    - 2.1.1. Développement actuel de l'irrigation, état et performances ..... 928
    - 2.1.2. Potentialités de développement de l'irrigation ..... 928
    - 2.1.3. Viabilité économique et financière de l'irrigation ..... 928
    - 2.1.4. Politique gouvernementale, contraintes et problèmes ..... 929
  - 2.2. Élaboration d'une stratégie ..... 929
    - 2.2.1. Définir les options et mesures stratégiques ..... 929
    - 2.2.2. Identification de projets et d'actions prioritaires ..... 930
    - 2.2.3. Bâtir un consensus sur la stratégie ..... 930
- 3. Conceptualisation et comparaison des différentes options ..... 930
  - 3.1. Examen des données existantes ..... 931
  - 3.2. Reconnaissance sur le terrain ..... 932
  - 3.3. Études techniques ..... 932
  - 3.4. Étude économique ..... 932
  - 3.5. Évaluation préliminaire de la capacité institutionnelle ..... 932
  - 3.6. Étude préliminaire finale ..... 933
- 4. Étude de faisabilité ..... 933
  - 4.1. Les différentes approches de l'étude de faisabilité ..... 933
  - 4.2. Le contenu de l'étude de faisabilité ..... 934
  - 4.3. Programme de mise en œuvre ..... 935
  - 4.4. Parvenir à un consensus sur la proposition de projet ..... 935
- ANNEXE 1  
Contenu d'un dossier type de projet d'irrigation ..... 936
- ANNEXE 2  
Actions à exécuter et niveau de détail demandé aux étapes successives  
du projet d'étude ..... 937

**Bibliographie générale** \_\_\_\_\_ 945

**Index** \_\_\_\_\_ 993