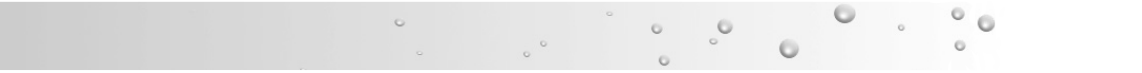


MANUEL DES TECHNIQUES D'IRRIGATION SOUS PRESSION





MANUEL

DES

TECHNIQUES D'IRRIGATION

SOUS PRESSION

A. Phocaidès

Seconde édition

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

ROME, 2008

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

ISBN 978-92-5-205817-5

Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce produit d'information peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au:

Chef de la Sous-division des politiques et de l'appui en matière
de publications électroniques

Division de la communication, FAO

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie

ou, par courrier électronique, à:

copyright@fao.org

© FAO 2008



Table des matières

Préface	xxv
Remerciements	xxvi
Liste des acronymes	xxvii
Chapitre 1: Introduction	1.1
Chapitre 2: Techniques d'irrigation en conduites sous pression	2.1
<i>Systèmes d'irrigation en conduites sous pression</i>	<i>2.1</i>
<hr/> <i>Trame du réseau</i>	<hr/> <i>2.1</i>
<i>Ouvrage de tête</i>	<i>2.2</i>
<i>Conduite principale</i>	<i>2.3</i>
<i>Conduites secondaires</i>	<i>2.3</i>
<i>Bornes de prise</i>	<i>2.3</i>
<i>Adducteurs (conduites d'alimentation)</i>	<i>2.3</i>
<i>Conduites latérales (conduites d'irrigation)</i>	<i>2.3</i>
<i>Distributeurs</i>	<i>2.3</i>
<hr/> <i>Classification des systèmes</i>	<hr/> <i>2.4</i>
<i>Pression de fonctionnement</i>	<i>2.4</i>
<i>Méthode de distribution de l'eau</i>	<i>2.4</i>
<i>Type d'installation</i>	<i>2.5</i>
<hr/> <i>Les techniques d'irrigation par conduites sous pression comparées avec les méthodes traditionnelles d'irrigation</i>	<hr/> <i>2.5</i>
<i>Efficiéce de l'irrigation</i>	<i>2.5</i>
<i>Rentabilité économique par unité de volume d'eau</i>	<i>2.6</i>
<i>Fonctionnement et entretien</i>	<i>2.6</i>
<i>Coût</i>	<i>2.6</i>

Chapitre 3: Equipement d'irrigation et techniques de raccordement	3.1
<i>Introduction</i>	3.1
<i>Les conduites</i>	3.2
<i>Les tuyaux en acier à raccord fileté</i>	3.2
<i>Les tuyaux en acier léger à raccord rapide</i>	3.3
<i>Les tuyaux en aluminium à raccord rapide</i>	3.3
<i>Les tuyaux rigides en PVC</i>	3.4
<i>Les tuyaux en polyéthylène</i>	3.6
<i>Dimensionnement des tuyaux en PVC et PE</i>	3.7
<i>Les tuyaux plats</i>	3.9
<i>Les raccords de conduites</i>	3.10
<i>La fonte ductile fileté</i>	3.10
<i>Les raccords en polypropylène (PP)</i>	3.10
<i>Les raccords en PVC</i>	3.11
<i>Les dispositifs de contrôle de l'écoulement</i>	3.12
<i>Les vannes de sectionnement</i>	3.14
<i>Les vannes de contrôle</i>	3.15
<i>Les vannes de réglage</i>	3.15
<i>Les compteurs</i>	3.16
<i>Les jauges de pression ou manomètres</i>	3.17
<i>Les purgeurs d'air</i>	3.17
<i>Les soupapes de sécurité (aussi nommées soupapes de décharge de la pression)</i>	3.18
<i>Les filtres</i>	3.20
<i>Les filtres à gravier</i>	3.20
<i>Les hydrocyclones (ou séparateurs de dessablage)</i>	3.20
<i>Les filtres à tamis</i>	3.21
<i>Les filtres à disques</i>	3.22
<i>Les filtres auto-nettoyants automatiques</i>	3.22
<i>Le matériel d'injection pour l'irrigation fertilisante</i>	3.23
<i>Le dilueur d'engrais liquide (fermé)</i>	3.23
<i>L'injecteur de type Venturi</i>	3.23
<i>La pompe à piston</i>	3.24
<i>Les distributeurs d'eau</i>	3.25
<i>Les asperseurs</i>	3.25

<i>Les micro-asperseurs</i>	3.26
<i>Les gicleurs, micro-jets et mini-diffuseurs</i>	3.26
<i>Les barboteurs</i>	3.27
<i>Les goutteurs</i>	3.28
<i>Les gaines de micro-irrigation</i>	3.28
<i>Les distributeurs à compensateur de pression</i>	3.29
<i>Les pulseurs</i>	3.30
<i>Les tuyaux poreux</i>	3.31
<i>Les tuyaux de jardin</i>	3.31
<i>Les dispositifs d'automatisation</i>	3.32
<i>Les électrovannes</i>	3.32
<i>Les dispositifs de commande</i>	3.32
<i>Les vannes volumétriques automatiques à compteur</i>	3.33
<i>Les instruments de mesure</i>	3.33
<i>Les capteurs d'humidité du sol</i>	3.34
<i>Les conductivimètres</i>	3.34
<i>Les extracteurs de solution de sol</i>	3.35
<i>Le bac d'évaporation de classe A</i>	3.36
<i>Les systèmes d'exhaure</i>	3.36
<i>Les dispositifs d'élévation directe</i>	3.37
<i>Les pompes volumétriques</i>	3.38
<i>Les pompes rotodynamiques</i>	3.39
<i>Les pompes à air comprimé</i>	3.40
<i>Les pompes à impulsion (béliet hydraulique)</i>	3.41
<i>Les systèmes gravitaires</i>	3.42
<i>Calcul de la puissance requise (P)</i>	3.43
Chapitre 4: Conception du système	4.1
<i>Introduction</i>	4.1
<i>Conception du système</i>	4.1
<i>Conception des conduites latérales</i>	4.1
<i>Conception des conduites</i>	4.2
<i>Les conduites latérales</i>	4.2
<i>Les adducteurs, conduites principales et secondaires</i>	4.4

<i>Ouvrage de tête</i>	4.5
<i>Charge dynamique totale du système</i>	4.5
<i>Charge dynamique totale de l'unité de pompage</i>	4.6
Chapitre 5: Description, normes et appels d'offres pour l'approvisionnement de l'équipement	5.1
<i>Pression de service de l'équipement</i>	5.1
<i>Conduites principales, conduites secondaires, adducteurs et bornes</i>	5.2
<i>Conduites latérales</i>	5.2
<i>Ouvrage de tête</i>	5.2
<i>Unité de pompage</i>	5.3
<i>Normes</i>	5.3
<i>Appel d'offres</i>	5.8
<i>Exemple</i>	5.9
<i>Appel d'offres pour la fourniture d'un équipement d'irrigation</i>	5.9
Chapitre 6: Programmation de l'irrigation	6.1
<i>Relations eau - sol</i>	6.1
<i>Exemple</i>	6.2
<i>Réponse</i>	6.2
<i>Profondeur effective d'enracinement</i>	6.2
<i>Déficit admissible ou tarissement de l'eau disponible dans le sol</i>	6.2
<i>Profondeur nette d'application de l'irrigation</i>	6.3
<i>Exemple</i>	6.3
<i>Besoins en eau des cultures</i>	6.3
<i>Exemple</i>	6.4
<i>Exemple</i>	6.4
<i>Pluies efficaces</i>	6.5

<i>Couverture végétale</i>	6.6
<i>Intervalle d'irrigation ou fréquence</i>	6.6
<i>Efficacité d'application de l'irrigation</i>	6.6
<i>Exemple</i>	6.6
<i>Réponse</i>	6.6
<i>Profondeur brute d'application de l'irrigation</i>	6.7
<i>Besoins de lessivage</i>	6.7
<i>Débit du système (capacité du système)</i>	6.7
<i>Exemple général</i>	6.8
Chapitre 7: Qualité de l'eau d'irrigation	7.1
<i>Introduction</i>	7.1
<i>Classification de la qualité des eaux pour l'irrigation</i>	7.1
<i>La qualité chimique des eaux d'irrigation</i>	7.2
<i>Composition et concentration en sels solubles</i>	7.2
<i>Effets des sels solubles sur les plantes</i>	7.3
<i>Effets des sels solubles sur le sol</i>	7.5
<i>Tolérance des cultures à la salinité</i>	7.6
<i>Critères de qualité des eaux</i>	7.14
<i>Contrôle de la salinité</i>	7.16
<i>Micro-irrigation et contrôle de la salinité</i>	7.17
<i>La qualité physique des eaux d'irrigation et leur traitement (filtration)</i>	7.21
<i>Filtration</i>	7.22
<i>Fonctionnement et entretien</i>	7.22
<i>Application des produits chimiques</i>	7.23
<i>La qualité des eaux usées traitées pour l'irrigation (physique, biologique et chimique)</i>	7.23
<i>Critères et paramètres d'évaluation</i>	7.24
<i>Directives nationales et normes (le cas de Chypre)</i>	7.28
<i>Irrigation sous pression avec les eaux usées traitées</i>	7.28

Chapitre 8: Systèmes d'irrigation par aspersion à tuyaux flexibles mobiles	8.1
<i>Introduction</i>	<i>8.1</i>
<i>Trame du système et composantes</i>	<i>8.2</i>
<i>Les asperseurs</i>	<i>8.2</i>
<i>Critères et considérations de conception</i>	<i>8.3</i>
<i>Régime des vents</i>	<i>8.4</i>
<i>Programmation de l'irrigation</i>	<i>8.6</i>
<i>Coûts</i>	<i>8.6</i>
<i>Avantages</i>	<i>8.8</i>
<i>Inconvénients</i>	<i>8.8</i>
<i>Exemple de projet: irrigation du coton par aspersion à tuyaux flexibles mobiles</i>	<i>8.8</i>
<i>Superficie et cultures</i>	<i>8.8</i>
<i>Sol, eau et climat</i>	<i>8.8</i>
<i>Besoins en eau et programme d'irrigation</i>	<i>8.8</i>
<i>Trame du réseau, performances et caractéristiques hydrauliques</i>	<i>8.9</i>
Chapitre 9: Systèmes d'irrigation par aspersion à enrouleurs à rampes repliables	9.1
<i>Introduction</i>	<i>9.1</i>
<i>Trame du système et composantes</i>	<i>9.2</i>
<i>La rampe avec les distributeurs (mini-diffuseurs) et le chariot mobile</i>	<i>9.3</i>
<i>Le tuyau flexible en polyéthylène</i>	<i>9.4</i>
<i>Le bâti avec tambour</i>	<i>9.4</i>
<i>Critères et spécifications de conception</i>	<i>9.5</i>
<i>Superficie, topographie</i>	<i>9.5</i>
<i>Sols</i>	<i>9.5</i>
<i>Disponibilité en eau</i>	<i>9.6</i>
<i>Qualité de l'eau</i>	<i>9.6</i>
<i>Type de cultures</i>	<i>9.6</i>

<i>Spécifications particulières et programme d'irrigation</i>	9.7
<i>Coûts</i>	9.8
<i>Avantages</i>	9.9
<i>Inconvénients</i>	9.9
<i>Exemple de projet – système d'aspersion à enrôleurs à rampes repliables pour une culture de luzerne</i>	9.10
<i>Superficie et cultures</i>	9.10
<i>Sol, eau et climat</i>	9.10
<i>Besoins en eau et programme d'irrigation</i>	9.10
<i>Caractéristiques de la trame du système et performances</i>	9.10
<i>Spécifications techniques (besoins minimaux)</i>	9.11
<i>Description et conditions générales requises</i>	9.11
<i>Bâti à tambour</i>	9.12
<i>Rampe d'arrosage et chariot mobile</i>	9.12
Chapitre 10: Systèmes d'irrigation par aspersion à pivot central	10.1
<i>Introduction</i>	10.1
<i>Trame du système et composantes</i>	10.2
<i>La conduite d'arrosage</i>	10.2
<i>Les distributeurs d'eau</i>	10.3
<i>La tour centrale</i>	10.5
<i>Le système de commande du pivot central</i>	10.6
<i>Le fonctionnement de la machine</i>	10.6
<i>Le générateur</i>	10.7
<i>Coûts</i>	10.7
<i>Avantages</i>	10.8
<i>Inconvénients</i>	10.8
<i>Critères et spécifications de conception</i>	10.9
<i>Conception et installation</i>	10.9
<i>Taux d'application et fréquence d'irrigation</i>	10.10
<i>Spécifications particulières</i>	10.11
<i>Critères de sélection du site</i>	10.12

<i>Exemple de projet</i>	10.14
<i>Superficie, rayon d'action de la machine et cultures</i>	10.14
<i>Besoins en eau et sols</i>	10.14
<i>Caractéristiques des systèmes</i>	10.15
<i>Spécifications minimales pour le système à pivot central</i>	10.16
<i>Caractéristiques générales du système à pivot central</i>	10.16
<i>Spécifications techniques</i>	10.17
Chapitre 11: Les micro-asperseurs	11.1
<i>Introduction</i>	11.1
<i>Trame du système et composantes</i>	11.1
<i>Les micro-asperseurs de distribution</i>	11.2
<i>Programmation de l'irrigation</i>	11.3
<i>Critères et considérations de conception</i>	11.3
<i>Coûts</i>	11.4
<i>Avantages</i>	11.4
<i>Inconvénients</i>	11.4
<i>Exemple de projet – micro-asperseurs pour un champ de pommes de terre</i>	11.5
<i>Superficie et cultures</i>	11.5
<i>Sol, eau et climat</i>	11.6
<i>Besoins en eau et programme d'irrigation</i>	11.6
<i>Trame du système</i>	11.6
<i>Asperseurs</i>	11.7
<i>Débit des conduites</i>	11.7
Chapitre 12: Les mini-asperseurs	12.1
<i>Introduction</i>	12.1
<i>Trame et composantes du système</i>	12.1
<i>Les mini-asperseurs de distribution</i>	12.2
<i>Programmation de l'irrigation</i>	12.3

<i>Critères et considérations de conception</i>	12.3
<i>Coûts</i>	12.5
<i>Avantages</i>	12.5
<i>Inconvénients</i>	12.5
<i>Exemple de projet – irrigation de citronniers par mini-asperseurs</i>	12.6
<i>Superficie et cultures</i>	12.6
<i>Sol, eau et climat</i>	12.6
<i>Besoins en eau et programme d'irrigation</i>	12.6
<i>Trame du réseau, performances et caractéristiques hydrauliques</i>	12.7
Chapitre 13: Irrigation des arbres par barboteurs	13.1
<i>Introduction</i>	13.1
<i>Trame et composantes du système</i>	13.1
<i>Les barboteurs de distribution</i>	13.1
<i>Programmation de l'irrigation</i>	13.2
<i>Critères et considérations de conception</i>	13.2
<i>Coûts</i>	13.3
<i>Avantages</i>	13.3
<i>Inconvénients</i>	13.3
<i>Exemple de projet – irrigation d'arbres fruitiers par barboteurs</i>	13.3
<i>Superficie et cultures</i>	13.3
<i>Sol, eau et climat</i>	13.4
<i>Besoins en eau et programme d'irrigation</i>	13.4
<i>Trame du système, performances et caractéristiques hydrauliques</i>	13.4
Chapitre 14: Irrigation goutte-à-goutte	14.1
<i>Introduction</i>	14.1
<i>Trame et composantes du système</i>	14.1
<i>Les distributeurs goutte-à-goutte (goutteurs)</i>	14.3

<i>Gaines de micro-irrigation</i>	14.4
<i>Tuyaux à parois poreuses</i>	14.4
<i>Filtration</i>	14.4
<i>Programmation de l'irrigation</i>	14.5
<i>Critères et considérations de conception</i>	14.5
<i>Coûts</i>	14.7
<i>Avantages</i>	14.7
<i>Inconvénients</i>	14.7
<i>Exemple de projet – irrigation goutte-à-goutte des pastèques</i>	14.8
<i>Superficie et cultures</i>	14.8
<i>Sol, eau et climat</i>	14.8
<i>Besoins en eau et programme d'irrigation</i>	14.8
<i>Trame du système</i>	14.9
<i>Fonctionnement du système</i>	14.9
<i>Pression de fonctionnement</i>	14.9
Chapitre 15: Systèmes familiaux peu onéreux d'irrigation goutte-à-goutte	15.1
<i>Introduction</i>	15.1
<i>Technologies abordables de micro-irrigation</i>	15.1
<i>Le système familial d'irrigation goutte-à-goutte</i>	15.3
<i>Qu'y a-t-il de nouveau dans le système familial d'irrigation goutte-à-goutte?</i>	15.3
<i>Trame et composantes du système</i>	15.3
<i>Le réservoir d'eau</i>	15.3
<i>L'ouvrage de tête</i>	15.4
<i>Les conduites d'eau</i>	15.4
<i>Les lignes de goutteurs</i>	15.5
<i>Programmation de l'irrigation</i>	15.6
<i>Besoins en eau d'irrigation</i>	15.6
<i>Nombre et fréquence des irrigations</i>	15.6

<i>Critères et considérations de conception</i>	15.7
<i>Superficie, dimensions et forme</i>	15.7
<i>Topographie et type de sol</i>	15.7
<i>Disponibilité en eau</i>	15.7
<i>Qualité de l'eau</i>	15.8
<i>Catégories de culture</i>	15.8
<i>Spécifications particulières</i>	15.9
<i>Coûts</i>	15.9
<i>Avantages</i>	15.10
<i>Inconvénients</i>	15.11
<i>Exemple de projet – système familial goutte-à-goutte pour la culture des tomates (sur espalier)</i>	15.11
<i>Superficie et cultures</i>	15.11
<i>Sole et eau</i>	15.11
<i>Besoins en eau et programme d'irrigation</i>	15.12
<i>Trame du système (description et caractéristiques) et performances</i>	15.12
<i>Caractéristiques hydrauliques du système</i>	15.14
<i>Diverses configurations de systèmes de technologies abordables de micro-irrigation (selon l'ide)</i>	15.15
Chapitre 16: L'irrigation fertilisante	16.1
<i>Introduction</i>	16.1
<i>Les injecteurs d'engrais</i>	16.1
<i>Réservoir d'engrais liquide (fermé)</i>	16.1
<i>Injecteur Venturi</i>	16.2
<i>Pompe à piston</i>	16.2
<i>Application des engrais</i>	16.3
<i>Solubilité</i>	16.3
<i>Acidité</i>	16.3
<i>Quantité</i>	16.4
<i>Exemple – l'irrigation fertilisante des légumes</i>	16.5

Chapitre 17: Système de distribution par conduites	17.1
<i>Introduction</i>	<i>17.1</i>
<i>Trame et composantes du système</i>	<i>17.2</i>
<i>Critères et considérations de conception</i>	<i>17.3</i>
<i>Coûts</i>	<i>17.4</i>
<i>Avantages</i>	<i>17.4</i>
<i>Inconvénients</i>	<i>17.4</i>
<i>Exemple de projet</i>	<i>17.5</i>
<i>Superficie et cultures</i>	<i>17.5</i>
<i>Sole et eau</i>	<i>17.6</i>
<i>Besoins en eau et programme d'irrigation</i>	<i>17.6</i>
<i>Trame du système et charge dynamique</i>	<i>17.6</i>
Chapitre 18: Irrigation par tuyaux flexibles	18.1
<i>Introduction</i>	<i>18.1</i>
<i>Trame et composantes du système</i>	<i>18.2</i>
<i>Les tuyaux</i>	<i>18.2</i>
<i>Types de systèmes et critères de conception</i>	<i>18.2</i>
<i>Système conventionnel de tuyaux et bassins pour les arbres</i>	<i>18.3</i>
<i>Système de bassins alimentés par tuyaux traînés pour les arbres</i>	<i>18.4</i>
<i>Système de tuyaux et bassins pour cultures de plein champ</i>	<i>18.4</i>
<i>Système de tuyaux et sillons pour l'irrigation des légumes</i>	<i>18.5</i>
<i>Coûts</i>	<i>18.6</i>
<i>Avantages</i>	<i>18.7</i>
<i>Inconvénients</i>	<i>18.8</i>
<i>Exemple de projet – tuyaux et bassins pour la culture d'arbres, type conventionnel et traîné</i>	<i>18.8</i>
<i>Superficie et cultures</i>	<i>18.8</i>
<i>Sol, eau et climat</i>	<i>18.9</i>
<i>Besoins en eau et programme d'irrigation</i>	<i>18.10</i>

<i>Trame du système, performances et caractéristiques hydrauliques</i>	18.10
<i>Équipement pour l'installation du système</i>	18.11
<i>Irrigation du maïs par tuyaux et bassins et des tomates par tuyaux et sillons</i>	18.13
<i>Superficie et cultures</i>	18.13
<i>Sol, eau et climat</i>	18.13
<i>Besoins en eau et programme d'irrigation</i>	18.13
<i>Trame du système, performances et caractéristiques hydrauliques</i>	18.13
<i>Équipement pour l'installation du système</i>	18.15
Chapitre 19: Données générales d'une étude technique pour un système d'irrigation sous pression	19.1
<i>Introduction</i>	19.1
<i>Collecte des données</i>	19.1
<i>Fiches de données sur l'exploitation agricole</i>	19.1
<i>Critères de sélection et paramètres des divers systèmes</i>	19.3
<i>Systèmes d'irrigation à pivot central</i>	19.3
<i>Systèmes d'irrigation par aspersion à enrouleurs à rampes repliables</i>	19.4
<i>Systèmes d'irrigation goutte-à-goutte</i>	19.5
<i>Systèmes d'irrigation par mini-asperseurs (pour arbres fruitiers)</i>	19.6
<i>Systèmes de distribution par conduites</i>	19.7
<i>Systèmes d'irrigation par aspersion à tuyaux mobiles</i>	19.8
<i>Systèmes familiaux peu onéreux d'irrigation goutte-à-goutte</i>	19.9
Chapitre 20: Fonctionnement et entretien	20.1
<i>Introduction</i>	20.1
<i>Fonctionnement</i>	20.1
<i>Quand et comment irriguer</i>	20.1
<i>Démarrer et arrêter le système</i>	20.2
<i>Performance du système</i>	20.2
<i>L'équipement requis pour cette tâche est le suivant</i>	20.2
<i>Installation de pompage</i>	20.4

<i>Entretien</i>	20.4
<i>Réseau du système</i>	20.4
<i>Installation de pompage</i>	20.5
<i>Conclusion</i>	20.8
Chapitre 21: Terminologie d'irrigation	21.1
Chapitre 22: Base de données pour la fourniture d'équipements d'irrigation – IES	22.1
Annexe: Tableau de conversion des unités	23.1

Liste des figures

Figure 1.1	L'irrigation de surface, gaspilleuse d'eau	1.1
Figure 2.1	Schéma d'un tracé de réseau	2.2
Figure 2.2	Méthode d'irrigation de surface améliorée avec conduites	2.4
Figure 2.3	Techniques modernes d'irrigation	2.7
Figure 2.4	Techniques d'irrigation par aspersion	2.8
Figure 3.1	Raccord fileté en acier (adaptateur mâle)	3.2
Figure 3.2	Tuyaux et raccords en acier léger galvanisé à raccord rapide	3.3
Figure 3.3	Tuyaux à raccord rapide en aluminium	3.4
Figure 3.4	Tuyaux en PVC rigide	3.5
Figure 3.5	Rouleau de tuyau en polyéthylène	3.6
Figure 3.6	Un rouleau de tuyau plat	3.10
Figure 3.7	Raccords filetés pour les tuyaux en acier galvanisé	3.11
Figure 3.8	Raccords en polypropylène (PP)	3.11
Figure 3.9	Raccord de conduite par collage	3.12
Figure 3.10	Tuyau de PVC avec joint rainuré manchonné (par pression)	3.12
Figure 3.11	Diverses vannes de sectionnement. De gauche à droite: un robinet-vanne, un vanne à papillon et des vannes à boisseau sphérique	3.14
Figure 3.12	Coupe schématique et photographie d'une vanne de contrôle	3.14
Figure 3.13	Vanne de réduction de pression maintenant une pression aval constante, alors que la pression amont varie	3.16
Figure 3.14	Coupe transversale d'un compteur volumétrique	3.17
Figure 3.15	Manomètre de type Bourdon	3.17
Figure 3.16	Purgeurs d'air introduisant ou évacuant l'air dans un système hydraulique	3.19
Figure 3.17	Coupe schématique et photographie d'une soupape de sécurité	3.19
Figure 3.18	Coupe schématique et photographie d'un filtre à gravier	3.20
Figure 3.19	Coupe schématique et photographie d'un hydrocyclone	3.21
Figure 3.20	Coupe schématique et photographie d'un filtre à tamis	3.21
Figure 3.21	Filtre à disques et cartouche (pile de disques à rainures)	3.22

Figure 3.22	Filtre auto-nettoyant automatique utilisant le mécanisme de lavage à contre-courant pour l'évacuation des débris accumulés	3.22
Figure 3.23	Schéma de fonctionnement et photographie d'un dilueur d'engrais liquide fermé	3.23
Figure 3.24	Schéma d'installation et photographie d'un injecteur d'engrais de type Venturi	3.24
Figure 3.25	Schéma de fonctionnement et photographie d'un injecteur d'engrais à pompe à piston	3.24
Figure 3.26	Asperseurs rotatifs	3.25
Figure 3.27	Micro-asperseur avec buse rotative (spinner)	3.26
Figure 3.28	Photographie d'un micro-jet irrigant un citrus, et détail de la tête du micro-jet (sans partie mobile)	3.27
Figure 3.29	Vue schématique d'un barboteur	3.27
Figure 3.30	Goutteur en dérivation et goutteur en ligne	3.28
Figure 3.31	Schéma et photographie d'une gaine de micro-irrigation	3.29
Figure 3.32	Variations de débit entre un distributeur normal et un distributeur à compensateur de pression (situations idéale et réelle)	3.29
Figure 3.33	Photographie d'un distributeur à compensateur de pression montrant la membrane utilisée comme régulateur de débit	3.30
Figure 3.34	Schéma de fonctionnement et photographie d'un pulseur	3.30
Figure 3.35	Schéma d'un tuyau poreux	3.31
Figure 3.36	Photographie d'un tuyau de jardin avec arroseur à jet	3.31
Figure 3.37	Coupe schématique et photographie d'une électrovanne	3.32
Figure 3.38	Schéma de fonctionnement et photographie d'un dispositif de commande	3.33
Figure 3.39	Schéma de fonctionnement et photographie d'une vanne volumétrique automatique	3.33
Figure 3.40	Coupe schématique et photographies d'un tensiomètre et d'un réflectomètre temporel	3.35
Figure 3.41	Mesure directe des solutions du sol au moyen d'un conductivimètre et extracteurs installés dans un champ	3.35
Figure 3.42	Un bac d'évaporation de classe A sur le terrain	3.36
Figure 3.43	Courbes de fonctionnement d'une pompe centrifuge indiquant les relations entre la charge, le débit, la vitesse et l'efficiace	3.37

Figure 3.44	Schéma d'une roue persane et photographie d'une noria	3.38
Figure 3.45	Gauche: Schéma d'une pompe manuelle avec simple piston, Centre: Pompe à pédale, Droite: Schéma d'une pompe à cavité progressive, ou monopompe	3.39
Figure 3.46	Pompes rotodynamiques: (a) pompe radiale ou centrifuge (b) pompe axiale	3.40
Figure 3.47	Gauche: pompe rotodynamique entraînée par un tracteur – Droite: unité de pompage, constituée de pompes rotodynamiques en parallèle	3.40
Figure 3.48	Schéma d'une pompe à air comprimé	3.41
Figure 3.49	Schéma d'installation d'un hydram	3.42
Figure 3.50	Schéma d'un siphon	3.42
Figure 3.51	Ht est la charge totale, Ha la hauteur d'élévation, Hi la charge au niveau du distributeur et Hp la perte de charge totale due au frottement	3.43
Figure 4.1	Pression de fonctionnement requise pour les systèmes sous pression	4.4
Figure 7.1	Zones de taux relatifs de tolérance au sel des cultures agricoles	7.15
Figure 7.2	Irrigation goutte-à-goutte du maïs avec des eaux recyclées	7.29
Figure 7.3	Aspersion avec des eaux municipales traitées	7.29
Figure 8.1	Irrigation par aspersion à tuyaux flexibles mobiles	8.2
Figure 8.2	Profils d'humidification du sol sous aspersion	8.4
Figure 8.3	Irrigation par aspersion à tuyaux flexibles mobiles	8.7
Figure 8.4	Techniques de raccord pour l'aspersion à tuyaux flexibles mobiles	8.11
Figure 9.1	Rampe d'aspersion en service sur son chariot	9.1
Figure 9.2	La rampe, le tuyau en PE et le bâti à tambour	9.2
Figure 9.3	Mini-diffuseurs en cercles complets et demi-cercles	9.3
Figure 9.4	Le bâti à tambour et le tuyau flexible en PE	9.4
Figure 9.5	Déplacement de la machine	9.5
Figure 9.6	Rampe repliable en fonctionnement	9.9
Figure 9.7	Machine à rampe repliable	9.9
Figure 9.8	Positions d'une machine à rampe repliable	9.11
Figure 9.9	Largeurs de bandes d'irrigation variables selon divers arrangements de mini-diffuseurs	9.13
Figure 10.1	Le pivot central	10.1

Figure 10.2	Vue générale d'un pivot central	10.3
Figure 10.3	Tubes suspendus avec mini-diffuseurs	10.4
Figure 10.4	La tour centrale et le panneau de commande	10.6
Figure 10.5	Les tours de support	10.7
Figure 10.6	Schéma d'implantation en profils haut et bas	10.8
Figure 10.7	Le montage du pivot central	10.9
Figure 10.8	Déplacement du système	10.10
Figure 10.9	Vue générale d'un système à pivot central	10.13
Figure 10.10	Trame du système	10.15
Figure 10.11	Connexion à la source d'eau	10.16
Figure 11.1	Micro-asperseurs de distribution dans un champ de pommes de terre	11.2
Figure 11.2	Irrigation par aspersion à basse capacité des pommes de terre	11.5
Figure 11.3	Système de micro-irrigation à basse capacité	11.8
Figure 12.1	Irrigation d'un verger de citrus par mini-asperseurs	12.2
Figure 12.2	Arbres irrigués par mini-asperseurs	12.4
Figure 12.3	Exemple de projet d'irrigation par mini-asperseurs sur des arbres fruitiers	12.7
Figure 12.4	Techniques de raccordement des systèmes de mini-asperseurs	12.9
Figure 13.1	Exemple de projet d'irrigation d'un verger par barboteurs	13.5
Figure 13.2	Techniques de raccordement dans l'irrigation par barboteurs	13.7
Figure 14.1	Conduite principale, adducteur et conduites latérales avec goutteurs	14.2
Figure 14.2	Double ligne de goutteurs sur des bananiers	14.6
Figure 14.3	Exemple de projet d'irrigation par goutte-à-goutte de la pastèque	14.11
Figure 14.4	Ouvrage de tête dans l'irrigation goutte-à-goutte	14.12
Figure 15.1	Configuration d'une technologie abordable de micro-irrigation par module à seau avec une conduite latérale de 12 mm et des micro-tubes «spaghetti» de chaque côté	15.2
Figure 15.2	Le système familial d'irrigation goutte-à-goutte	15.4
Figure 15.3	Réservoir fabriqué localement pour un système familial d'irrigation goutte-à-goutte	15.5

Figure 15.4	Lignes de goutteurs d'un système familial d'irrigation en Chine	15.8
Figure 15.5	Trame du système familial d'irrigation goutte-à-goutte	15.13
Figure 15.6	Module à tambour utilisant une conduite secondaire de 16 mm, avec des conduites latérales de 12 mm et des micro-tubes «spaghetti» sur une superficie de 120 m ²	15.15
Figure 15.7	Système de technologie abordable de micro-irrigation avec des lignes de goutteurs utilisant des trous de diamètre standard comme des goutteurs, couverts avec des feuilles de plastique pour contrôler le débit distribué	15.16
Figure 15.8	Module de micro-aspersion pour 250 m ²	15.16
Figure 15.9	Système de lignes de goutteurs déplaçables	15.17
Figure 15.10	Irrigation par pots en céramique poreuse	15.17
Figure 16.1	Les injecteurs d'engrais	16.2
Figure 16.2	Préparation de la solution fertilisante	16.4
Figure 17.1	Système de distribution par conduites irriguant de jeunes arbres	17.1
Figure 17.2	Installation des conduites	17.3
Figure 17.3	L'ouvrage de tête du système de distribution par conduites	17.5
Figure 17.4	Trame du système de distribution par conduites	17.7
Figure 18.1	Irrigation de jeunes fruitiers par tuyaux et bassins	18.1
Figure 18.2	Irrigation de légumes par tuyaux et sillons	18.3
Figure 18.3	Schéma d'un système de tuyaux et bassins pour les arbres	18.5
Figure 18.4	Irrigation par tuyaux flexibles pour les légumes et les cultures de plein champ (position et déplacement des tuyaux)	18.7
Figure 18.5	Schéma de disposition des sillons courts	18.8
Figure 18.6	Femmes irriguant de jeunes arbres avec un système de tuyaux et bassins	18.8
Figure 18.7	Irrigation d'arbres par tuyaux flexibles	18.9
Figure 18.8	Irrigation par tuyaux flexibles pour les légumes précoces sous tunnels bas	18.12
Figure 18.9	Irrigation par tuyaux flexibles pour les légumes et les cultures de plein champ	18.14
Figure 18.10	Techniques de raccordement des tuyaux d'irrigation	18.16
Figure 22.1	Site web de l'ies	22.2

Liste des tableaux

Tableau 2.1	Coûts comparatifs des systèmes d'irrigation par conduites sous pression	2.8
Tableau 2.2	Détail des coûts des systèmes d'irrigation par conduites	2.8
Tableau 3.1	Débits maximaux recommandés dans les tuyaux en plastique sans prise	3.7
Tableau 3.2	Séries de tuyaux en upvc	3.8
Tableau 3.3	Épaisseurs des parois de tuyaux en PE (50, 63 et 80) pour des pressions PN 6 et PN 10	3.9
Tableau 3.4	Résumé des dispositifs de contrôle de l'écoulement	3.13
Tableau 3.5	Classification des asperseurs	3.25
Tableau 4.1	Valeurs de F pour des sorties multiples	4.3
Tableau 4.2	Charge dynamique totale du système	4.6
Tableau 5.1	Tuyau en PVC rigide de 4 pouces de diamètre (6 bars) selon deux normes nationales différentes	5.4
Tableau 5.2	Normes et spécifications de l'équipement	5.5
Tableau 5.3	Bordereau des quantités	5.10
Tableau 5.4	Spécification de l'équipement	5.11
Tableau 6.1	Propriétés physiques des sols (valeurs moyennes)	6.1
Tableau 6.2	Exemple d'enracinement (en mètres) pendant la saison culturale	6.2
Tableau 6.3	Estimation de l'eto en mm/jour dans le delta du Wadi Tuban (Yémen)	6.4
Tableau 6.4	Coton, saison culturale: août à décembre	6.4
Tableau 6.5	Coefficient cultural (kc) pour certaines cultures saisonnières (valeurs moyennes)	6.5
Tableau 6.6	Coefficient cultural (kc) pour certaines cultures permanentes	6.5
Tableau 6.7	Efficacités approximatives d'application de l'irrigation pour divers systèmes ou méthodes d'irrigation au niveau de l'exploitation	6.7
Tableau 6.8	Exemple d'une culture de coton	6.8
Tableau 6.9	Programme d'irrigation	6.9
Tableau 7.1	Principaux ions présents dans l'eau d'irrigation	7.2
Tableau 7.2	Tolérance relative au sel des cultures herbacées: légumes et fruits	7.7

Tableau 7.3	Tolérance relative au sel des cultures herbacées: cultures boisées	7.8
Tableau 7.4	Tolérance relative au sel des cultures herbacées: graminées et fourrages	7.9
Tableau 7.5	Limites de tolérance au bore pour les cultures agricoles	7.10
Tableau 7.6	Tolérance au sel des buissons ornementaux, arbres et couvertures de sols	7.12
Tableau 7.7	Limites de tolérance au bore pour les plantes ornementales	7.13
Tableau 7.8	Classification de l'eau en fonction de la salinité	7.14
Tableau 7.9	Problème potentiel d'infiltration dû au sodium dans l'eau d'irrigation	7.15
Tableau 7.10	Cas n° 1: Fiche d'analyse chimique de l'eau	7.18
Tableau 7.11	Cas n° 2: Fiche d'analyse chimique de l'eau	7.19
Tableau 7.12	Cas n° 3: Fiche d'analyse chimique de l'eau	7.20
Tableau 7.13	Directives chypriotes pour l'utilisation en irrigation des effluents domestiques traités	7.30
Tableau 8.1	Nombre maximal d'asperseurs à basse/moyenne pression sur des conduites latérales à raccord rapide	8.6
Tableau 8.2	Charge totale dynamique requise	8.9
Tableau 8.3	Liste des équipements nécessaires pour une installation d'aspersion à tuyaux flexibles mobiles (devis quantitatif)	8.10
Tableau 9.1	Exemple de tableau des performances pour diverses vitesses de rétraction et pluviométries	9.8
Tableau 11.1	Longueur maximale admissible des conduites latérales	11.4
Tableau 11.2	Pression de fonctionnement du système	11.7
Tableau 11.3	Liste des équipements nécessaires pour l'installation de micro-asperseurs	11.7
Tableau 12.1	Programme d'irrigation par mini-asperseurs	12.3
Tableau 12.2	Nombre maximal de mini-asperseurs sur la conduite latérale et longueur de la conduite latérale sur sol uni. Débit des mini-asperseurs à 2 bars	12.4
Tableau 12.3	Pression de fonctionnement du système	12.8
Tableau 12.4	Liste des équipements nécessaires pour l'installation du système	12.8
Tableau 13.1	Pression de fonctionnement du système	13.5
Tableau 13.2	Liste des équipements nécessaires pour l'installation du système	13.6

Tableau 14.1	Type de sol et rayon moyen d'épandage latéral d'eau des goutteurs	14.1
Tableau 14.2	Pression de fonctionnement du système	14.10
Tableau 14.3	Liste des équipements nécessaires pour l'installation du système	14.10
Tableau 15.1	Données utiles sur les cultures saisonnières à ciel ouvert courantes	15.10
Tableau 15.2	Programme d'irrigation de l'exemple de projet	15.12
Tableau 15.3	Liste des équipements nécessaires pour l'installation du système (système familial peu onéreux d'irrigation goutte-à-goutte)	15.14
Tableau 16.1	Concentration nette d'engrais en ppm (mg/l ou engrais net en g/m ³ d'eau d'irrigation)	16.4
Tableau 17.1	Débit par rapport au diamètre des conduites	17.4
Tableau 17.2	Liste des équipements nécessaires pour l'installation d'un système de distribution par conduites (devis quantitatif)	17.6
Tableau 18.1	Caractéristiques de débit dans les tuyaux de 24 m	18.3
Tableau 18.2	Pente et ampleur du débit	18.6
Tableau 18.3	Systèmes de tuyaux et bassins conventionnel et traîné	18.11
Tableau 18.4	Système conventionnel de tuyaux et bassins pour les arbres	18.11
Tableau 18.5	Système de bassins alimentés par tuyaux traînés pour les arbres	18.12
Tableau 18.6	Irrigation par tuyaux et bassins et tuyaux et sillons	18.15
Tableau 18.7	Installation à tuyaux et bassins (maïs)	18.15
Tableau 18.8	Installation à tuyaux et sillons (tomates)	18.16

Liste des encadrés

Encadré 10.1	Application précise à faible énergie	10.5
--------------	--------------------------------------	------

Préface

L'eau est la clef de tous les développements socio-économiques et de la préservation d'écosystèmes sains. Avec l'accroissement de la population et l'augmentation des exigences que fait peser le développement sur les eaux souterraines et de surface pour les besoins des secteurs domestique, agricole et industriel, la pression s'intensifie sur les ressources en eau, ce qui crée des tensions et conflits entre les utilisateurs et des contraintes excessives sur l'environnement. Le stress accru induit à l'échelle mondiale par l'augmentation de la demande et de la pollution sur les ressources d'eau douce est profondément préoccupant.

L'augmentation de la productivité de l'eau est déterminante pour relever les futurs défis que va poser la pénurie d'eau. A l'heure actuelle, 70 pour cent de toute l'eau utilisée dans le monde est consommée par l'agriculture et ce pourcentage atteint 95 pour cent dans plusieurs pays en développement. La sensibilisation accrue à la valeur instrumentale de l'eau pour la préservation de l'environnement augmente encore la pression sur l'utilisation de l'eau en agriculture. L'augmentation de l'efficacité d'utilisation de l'eau et de la productivité de l'eau en agriculture à tous les niveaux des chaînes de production devient une priorité dans un nombre croissant de pays.

Une approche globale de la productivité des eaux en agriculture exige que des mesures soient prises à tous les niveaux, des cultures aux périmètres irrigués et jusqu'aux systèmes économiques nationaux et internationaux. L'adoption de pratiques modernes d'irrigation au niveau des exploitations pourrait en particulier apporter une importante amélioration de l'efficacité d'utilisation et de la productivité de l'eau.

Ce manuel vise à offrir aux agriculteurs, techniciens d'irrigation et vulgarisateurs qui travaillent sur le terrain un guide pratique sur l'utilisation des techniques d'irrigation sous pression. Dans cette deuxième version ce manuel, traduit en français pour la première fois, a été considérablement remanié et propose en particulier de nouveaux chapitres sur les systèmes abordables d'irrigation goutte-à-goutte et de distribution à l'intention des petits exploitants agricoles.

Remerciements

Le manuel des techniques d'irrigation sous pression est une initiative de l'Unité de la gestion de l'eau de la FAO (NRLW) qui a bénéficié de l'appui du Programme international pour la recherche et la technologie en irrigation et drainage (IPTRID).

La première version du manuel, publiée en 2001 et disponible uniquement en anglais, avait été préparée par Andreas Phocaidès, consultant en technologie de l'irrigation, sous la supervision de Reto Florin, ancien Chef du Service de l'eau de la FAO et avec l'assistance de Daniel Casanova, expert en irrigation.

Pour sa seconde édition, le manuel a fait l'objet d'une révision approfondie et a été complété par l'addition de plusieurs chapitres. Ont participé à la préparation de la seconde édition: Andreas Phocaidès (consultant), Ines Beernaerts et Jean-Marc Faurès (FAO) et Virginie Gillet (FAO/IPTRID). La traduction française a été assurée par Jacques Chabloz et Dominique Juchault-Manley.

Liste des acronymes

ABS	Acrylonitrile butadiène styrène (matière thermoplastique)
ANSI	American National Standards Institute
ASAE	Society for Engineering in Agriculture, Food and Biological Systems
ASTM	American Society for Testing Material
BHP	Puissance au frein
BL	Besoin de lessivage
BS	British Standards
CAF	Coût, assurance et fret
CC	Capacité au champ
CEN	Comité européen de normalisation
CT	Comité technique
CYS	Normes chypriotes
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
DIN	Deutsches Institut für Normung (normes allemandes)
DN	Diamètre nominal
Ece	Conductivité électrique
Eciw	Conductivité électrique de l'eau d'irrigation
Ecw	Conductivité électrique de l'eau
ESP	Sodium échangeable
ET	Évapotranspiration
Etc	Évapotranspiration de la culture
Eto	Évapotranspiration de référence
FAB	Franco à bord
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FE	Fonctionnement et entretien
GAO	Gestion assistée par ordinateur
IES	Base de données sur la fourniture d'équipements d'irrigation (FAO)
IPTRID	Programme international pour la recherche et la technologie en irrigation et drainage
ISO	Organisation internationale de normalisation
KC	Coefficient cultural
NE	Norme européenne
NTU	Unité de turbidité néphélométrique
OMS	Organisation mondiale de la santé
PC	Pression compensée
PE	Polyéthylène

PEFD	Polyéthylène à faible densité
PEHD	Polyéthylène à haute densité
PN	Pression nominale
PP	Polypropylène
PR	Classe de pression
PVC	Polychlorure de vinyle
SS	Solides en suspension
Upvc	Polychlorure de vinyle non plastifié
RDT	Réfléctométrie à dimension temporelle
SAR	Taux d'absorption du sodium
SDR	Rapport de dimension normalisée
TDS	Quantité totale de matière dissoute
USDA	United States Department of Agriculture
WP	Point de flétrissement