

MANUEL PRATIQUE DU



GOUTTE A GOUTTE



EN MARAICHAGE

Dr. Hassan ELATTIR

**MANUEL PRATIQUE DU
GOUTTE A GOUTTE
EN MARAICHAGE**

Par



Dr. Hassan ELATTIR

**Professeur d'Enseignement Supérieur
Département d'Horticulture
Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
Complexe Horticole, Royaume du Maroc
(h.elattir@iav.ac.ma)**

Dépôt légal : 2003/2012 ISBN : 9954-8411-0-5

Tous droits de reproduction et de traduction réservés

L'ouvrage comprend 240 pages contenant 10 encadrés, 29 figures, 96 photos et 41 tableaux.

Prix de vente : 15 Euros
(Frais d'envoi non compris)

ملخص

يبين هذا الدليل كيفية اختيار معدات الري بالتنقيط وصيانتها، و يدرج العناصر الخاصة بتصميم شبكة الري وتديرها، كما يشير إلى تقنيات الري التسميدي وجدولة الري المركز للخضراوات.

Summary

This Manual shows how to choose, to conceive, to manage and to maintain the drip irrigation network equipment. It presents the techniques of fertigation and scheduling localized irrigation of vegetable crops.

Résumé

Ce Manuel montre comment choisir, concevoir, gérer et entretenir le matériel du réseau goutte à goutte. Il présente des techniques de fertigation et de pilotage de l'irrigation localisée en maraîchage.

AVANT PROPOS

Face à la sécheresse récurrente qui sévit au Maroc, l'utilisation rationnelle et efficiente de l'eau en agriculture s'impose. Un des outils qui permet cette efficacité est le Goutte-à-Goutte ou l'irrigation localisée. En effet, ce système d'irrigation permet une économie d'eau de l'ordre de 50% par rapport à l'irrigation gravitaire. Aussi par le biais de la fertigation, ce système localisé garantit une production maraîchère élevée et de bonne qualité et tend vers une utilisation efficiente des engrais et par là une réduction des risques de pollution de la nappe phréatique.

Malheureusement, la maîtrise de ce système par beaucoup d'agriculteurs est encore faible et nécessite leur formation et leur information dans le domaine. Le présent ouvrage vient combler cette lacune et accomplir cette mission, si importante en ce moment opportun.

En effet, ce manuel est le résultat de l'expérience de l'auteur commencée en 1975 par le démarrage des cultures maraîchères sous abri-serres dans le Souss-Massa et enrichie tout au long d'une carrière où les approches scientifiques de la gestion de l'eau à la parcelle ont toujours été confrontées à la réalité du terrain. La diversité des recherches conduites et des sessions de formation réalisées par l'auteur dans ce domaine ont constitué pour une part importante le soubassement sur lequel ont été bâtis les différents chapitres de l'ouvrage.

Partant de la problématique des ressources en eau très limitées au Maroc et de l'importance du maraîchage pour l'économie du pays, l'auteur aborde les aspects techniques les plus rencontrés dans le secteur de la micro-irrigation. Il présente d'abord les données nécessaires à la conception et à la gestion du réseau d'irrigation, portant sur les caractéristiques de l'exploitation (topographie, sol et source d'eau) et sur le programme de cultures et les besoins en eau en période de pointe.

L'auteur décrit ensuite le matériel de la station de tête nécessaire à la filtration et l'injection des engrais puis celui du réseau de distribution (canalisation et distributeurs) avant d'entamer le dimensionnement du système d'irrigation. Il traite par la suite les techniques du pilotage de l'irrigation basées sur des formules empiriques ou sur des outils tels que lysimètres et tensiomètres. A l'aide d'exemples pratiques, il explique la conduite de la fertigation ainsi que la confection des solutions nutritives. Il donne enfin un aperçu pertinent et précis sur les moyens de contrôle et d'entretien du réseau d'irrigation localisée en insistant sur des problèmes pratiques quotidiens qui intéressent l'agriculteur, particulièrement l'obturation des goutteurs.

La terminologie utilisée par l'auteur est celle du scientifique doublée de l'ingénieur praticien qui s'efforce de mettre à la disposition du producteur, du technicien, de l'étudiant et du chercheur, des méthodes d'approches et des outils de travail très didactiques pour comprendre et gérer au mieux la micro-irrigation. Ce manuel constitue de ce fait une contribution significative à une gestion efficiente de l'irrigation localisée et de la fertigation.

TABLE DES MATIERES

Dédicaces.....	ii
Résumé (en arabe, anglais et français).....	iv
Avant propos.....	v
Table des matières.....	vii
Liste des illustrations.....	xi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1. GENERALITES.....	3
1.2. Ressources en eau au Maroc.....	3
1.3. Le maraîchage au Maroc.....	5
1.3.1. Importance du maraîchage.....	5
1.3.2. Techniques d'irrigation en maraîchage.....	7
1.4. Importance de l'irrigation localisée.....	12
1.4.1. Evolution et situation de la micro-irrigation.....	12
1.4.2. Présentation du goutte à goutte.....	14
1.4.3. Coût d'une installation goutte à goutte.....	16
1.4.4. Avantages et inconvénients.....	17
CHAPITRE 2. DONNEES DE BASE SUR L'EXPLOITATION ET SON ENVIRONNEMENT.....	21
2. 1. Caractéristiques de l'exploitation	21
2.1.1. Source d'eau.....	21
2.1.2. Caractéristiques du sol	24
2.1.3. Configuration et topographie de la ferme	29
2.2. L'environnement de l'exploitation	30
2.2.1. Climat.....	30
2.2.2. Disponibilité en matériel et en technicité.....	32
2.3. Caractéristiques des cultures.....	33
2.3.1. Espacement entre lignes de plantation.....	33
2.3.2. Besoins de pointe en eau d'irrigation.....	34
2.3.3. Besoin de pointe en eau (cas de salinité).....	36
2.4. Calcul des paramètres d'irrigation en période de pointe.....	38
2.4.1. Dose nette maximale	38
2.4.2. Fréquence d'irrigation	39
2.4.3. Pluviométrie fictive (P_f).....	40
2.4.4. Durée d'arrosage en période de pointe	40
2.4.5. Application numérique	40

CHAPITRE 3. MATERIEL DE FILTRATION ET D'INJECTION.....	45
3.1. Station de filtration	46
3.1.1. Hydrocyclone	47
3.1.2. Filtre à sable	48
3.1.3. Filtre à tamis	49
3.1.4. Filtre à lamelle	50
3.1.5. Disposition et séquence des filtres	51
3.2. Matériel d'injection	53
3.2.1. Réservoir d'engrais	54
3.2.2. Pompes doseuses	55
3.2.3. Venturi	58
3.2.4. Critères de choix d'un appareil d'injection	60
3.3. Matériel accessoire de l'unité de tête	61
3.3.1. Vanne et régulateur de pression	61
3.3.2. Compteur volumétrique et manomètres	61
3.3.3. Purge d'air	62
3.3.4. Clapet de non retour, bacs et agitateurs de solution..	62
 CHAPITRE 4. ELEMENTS DU RESEAU DE DISTRIBUTION.....	 63
4.1. Les canalisations	65
4.1.1. La conduite d'amenée	65
4.1.2. Le porte rampe ou antenne	66
4.1.3. Les rampes	66
4.2. Accessoires du réseau de distribution	68
4.2.1. Tés, coudes et réductions	68
4.2.2. Vannes et vannettes.....	69
4.2.3. Départ et colliers de fin de rampes et Bouchons de porte rampe	71
4.2.4. Manomètre et régulateurs de pression	71
4.3. Les distributeurs	73
4.3.1. Gaines perforées	73
4.3.2. Classification des goutteurs.....	74
4.3.3. Choix des distributeurs	80
 CHAPITRE5. ELEMENTS DE DIMENSIONNEMENT..	 87
5.1. Dimensionnement des postes d'arrosage	88
5.1.1. Disposition des postes d'arrosage	88
5.1.2. Détermination du nombre et de la taille de secteur d'irrigation et/ou poste d'arrosage	90
5.1.3. Calcul des débits du poste d'arrosage et du secteur d'irrigation	94

5.2. Dimensionnement des conduites et pertes de charge dans le système	97
5.2.1. Dimensionnement de la rampe.....	97
5.2.2. Dimensionnement du porte rampe.....	103
5.2.3. Dimensionnement de la conduite d'amenée.....	109
5.2.4. Pertes de charge totales dans le système	110
5.3. Plan d'installation et devis estimatif	114
5.3.1. Plan d'installation	114
5.3.2. Devis estimatif	114

CHAPITRE 6. PILOTAGE DE L'IRRIGATION

LOCALISEE.....	119
6.1. Pilotage basé sur les formules d'ETP	122
6.1.1. Rayonnement global	123
6.1.2. ETP Penman-Monteith	125
6.1.3. ETP bac évaporant US Class A.....	127
6.2. Pilotage à l'aide d'un lysimètre	130
6.2.1. Confection d'une cuve lysimétrique	131
6.2.2. Pilotage de l'irrigation à l'aide d'un lysimètre.....	132
6.2.3. Limites d'utilisation du lysimètre.....	134
6.3. Pilotage par des tensiomètres	135
6.3.1. Préparation et installation du tensiomètre.....	136
6.3.2. Pilotage à l'aide de tensiomètres	138
6.3.3. Limites d'utilisation du tensiomètre	140

CHAPITRE 7. LA TECHNIQUE DE LA

FERTIGATION.....	141
7.1. Caractéristiques du sol et de l'eau d'irrigation	142
7.2. Technique de la fertigation en sols sableux pauvres	144
7.2.1. Besoins en solution nutritive	145
7.2.2. Concentrations d'engrais dans la solution nutritive.....	148
7.2.3. Besoins en solution mère pour une semaine.....	152
7.2.4. Vérification de la solution nutritive	155
7.3. Fertigation en sols moyens et lourds	156
7.3.1. Conditions de l'exploitation prise en exemple.....	156
7.3.2. Préparation de la solution mère	158
7.3.3. Durée d'arrosage et taux, débit et durée d'injection	161
7.3.4. Travaux de contrôle	162

CHAPITRE 8. LA GESTION DES ARROSAGES.....163

8.1. Opérations de conduite des arrosages	163
8.1.1. Au niveau de la station de tête	163

8.1.2. Au niveau du secteur d'irrigation	164
8.1.3. Conseils pour un bon arrosage.....	165
8.2. Opérations de contrôle du réseau et anomalies détectées....	167
8.2.1. Contrôle de la propreté des filtres	167
8.2.2. Contrôle de la pression dans le système.....	167
8.2.3. Contrôle de l'état des conduites et des accessoires.	168
8.2.4. Contrôle du débit de l'installation et des distributeurs.....	170
8.2.5. Contrôles relatifs à la fertigation	172
8.3. Opérations d'entretiens des éléments du réseau	175
8.3.1. Nettoyage des bassins.....	175
8.3.2. Nettoyage du réseau	176
8.3.3. Traitement chimique de l'eau d'irrigation	177
8.3.4. Nettoyage des filtres.....	178
8.3.5. Nettoyage des distributeurs	180
8.3.6. Conseils pour la préparation d'une solution mère..	180

CHAPITRE 9. MOYENS DE LUTTE CONTRE LE

BOUCHAGE181

9.1. Causes d'obstructions des distributeurs	182
9.1.1. Colmatage d'origine physique	182
9.1.2. Colmatage d'origine chimique	183
9.1.3. Colmatage d'origine biologique	183
9.1.4. Mauvaise conception et faible entretien du réseau..	184
9.2. Moyens de détection du bouchage	185
9.2.1. Observations sur les parcelles	185
9.2.2. Contrôle du débit de l'installation	185
9.2.3. Contrôle du coefficient d'uniformité	186
9.3. Moyens d'intervention en cas de bouchage	189
9.3.1. Intervention au niveau de la source d'eau	189
9.3.2. Intervention au niveau de l'unité de tête	190
9.3.3. Intervention au niveau du réseau de distribution....	190
9.4. Précautions à prendre pour éviter le bouchage	192
9.4.1. Réalisation d'une bonne étude de conception	192
9.4.2. Réalisation d'une bonne installation	196
9.4.3. Formation du responsable de l'irrigation	196
9.4.4. Contrôle et entretien réguliers du réseau	196

CONCLUSION GENERALE ET SYNTHESE.....199

RÉFÉRENCES CONSULTÉES.....205

ANNEXES PHOTOS209

LISTE DES ILLUSTRATIONS

1. Encadrés

1.1- Encadré 2.1. Exemple Fraisier : Calcul du pourcentage d'humectation de la ligne de plantation.....	41
1.2- Encadré 2.2. Exemple Fraisier : Détermination de la Dose Nette Maximale	42
1.3- Encadré 2.3. Exemple Fraisier : Détermination de la fréquence d'irrigation	43
1.4- Encadré 2.4. Exemple Fraisier : Détermination de la pluviométrie fictive	44
1.5- Encadré 2.5. Exemple Fraisier : Détermination la durée d'arrosage en période de pointe	44
1.6- Encadré 5.1. Exemple fraisier : Perte de charge tolérée dans la rampe	99
1.7- Encadré 5.2. Exemple fraisier : Calcul de diamètre de la rampe.....	101
1.8- Encadré 5.3. Exemple fraisier : Calcul de perte de charge réelle J_1 dans la gaine de diamètre 13x16.....	102
1.9- Encadré 5.4. Exemple fraisier : Calcul des pertes de charge J_2 dans les tronçons du porte rampe en PVC	108
1.10-Encadré 5.5. Exemple fraisier : Calcul des pertes de charge J_3 dans les conduites d'amenée en PVC.....	111

2. Figures

2.1- Figure 1.1. Répartition des productions végétales	6
2.2- Figure 1.2. Répartition des superficies agricoles irriguées	6
2.3- Figure 1.3. Schéma d'un réseau d'irrigation localisée	15
2.4- Figure 2.1. Configuration de l'exploitation	29
2.5- Figure 2.2. Accumulation des sels à l'extérieur de la zone radriculaire active	35
2.6- Figure 3.1. Schéma d'une unité de tête	45
2.7- Figure 3.2. Filtres placés en parallèle	52
2.8- Figure 3.3. Réservoir d'engrais	54
2.9- Figure 3.4. Montage en dérivation by-pass	55
2.10- Figure 3.5. Montage de deux pompes doseuses en dérivation.....	57
2.11- Figure 3.6. Pompes d'injection en ligne	57
2.12- Figure 3.7. Installation en série	58
2.13- Figure 3.8. Schéma d'installation en by-pass d'un Venturi	59

2.14- Figure 3.9. Injecteur et pompe centrifuge en série	60
2.15- Figure 4.1. Réseau de distribution	63
2.16- Figure 4.2. Exemple de connexion entre conduite d'amenée et porte rampe	68
2.17- Figure 5.1. Exemple d'emplacement des portes rampes et rampes en fonction des pentes	89
2.18- Figure 5.2. Plan parcellaire de l'exploitation Fraisier	92
2.19- Figure 5.3. Parcelle comprenant un Poste d'arrosage	93
2.20- Figure 5.4. Tracé du réseau de distribution	96
2.21- Figure 5.5. L'abaque de pertes de charge dans les conduites... ..	98
2.22- Figure 5.6. Alimentation en eau des deux postes d'arrosage du secteur	115
2.23- Figure 5.7. Vanne de purge du porte rampe	115
2.24- Figure 5.8. Alimentation du secteur A	116
2.25- Figure 5.9. Alimentation des secteurs B et C	116
2.26- Figure 5.10. Alimentation des secteurs D et E	116
2.27- Figure 6.1. Schéma d'une cuve lysimétrique	130
2.28- Figure 6.2. Mode d'installation du tensiomètre	138
2.29- Figure 9.1. Points de mesures de débits de goutteurs.....	187

3. Photos

Photos en noir et blanc insérées dans le texte

3.1- Photo 4.6. Tés, coudes et réductions en PVC.	69
3.2- Photo 4.14.a Gains à double parois (a).....	75
3.3- Photo 4.14.b Gains à double parois (b)	75
3.4- Photo 4.15.a Gains à régime turbulent.....	75
3.5- Photo 4.15.b Gains à régime turbulent.....	75
3.6- Photo 4.15.c Gains à régime turbulent.....	75
3.7- Photo 4.15.d Gains à régime turbulent.....	75
3.8- Photo 4.16.a Goutteurs montés en dérivation	77
3.9- Photo 4.16.b Goutteurs montés en dérivation	77
3.10- Photo 4.16.c Goutteurs montés en dérivation	77
3.11- Photo 4.16.d Goutteurs montés en dérivation	77
3.12- Photo 4.16.e Goutteurs montés en dérivation	77
3.13- Photo 4.16.f Goutteurs montés en dérivation	77
3.14- Photo 4.17.a Goutteurs en ligne.....	78
3.15- Photo 4.17.b Goutteurs en ligne.....	78
3.16- Photo 4.18.a Goutteurs intégrées.....	78
3.17- Photo 4.18.b Goutteurs intégrées.....	78
3.18- Photo 4.18.c Goutteurs intégrées.....	78
3.19- Photo 8.12. Matériel nécessaire pour le calcul du Coefficient d'uniformité.....	171

Photos couleurs en annexes photos

3.20-	Photo 1. Tâches localisées d'eau sous des goutteurs.....	209
3.21-	Photo 2. Bandes humectées d'une tomate micro-irriguée.	209
3.22-	Photo 3. Culture de tomate micro-irriguée sous abris.....	210
3.23-	Photo 4. Culture de melon micro-irriguée sous abri.....	210
3.24-	Photo 1.1. Apport d'eau localisé du goutteur.....	211
3.25-	Photo 1.2. Installation d'une irrigation localisée.....	211
3.26-	Photo 1.3. Station de tête commandée manuellement.....	212
3.27-	Photo 1.4. Unité de tête avec commande automatique.....	212
3.28-	Photo 2.1. Eau d'irrigation pompée à partir d'un drain naturel.....	213
3.29-	Photo 2.2. Bassin d'accumulation couvert d'une bâche noir.....	213
3.30-	Photo 2.3. Pompe à axe vertical.....	214
3.31-	Photo 2.4. Pompe à axe horizontal.....	214
3.32-	Photo 2.5. Culture du haricot vert palissée sous serre.....	215
3.33-	Photo 2.6.a. Pastèques micro-irriguées.....	215
3.34-	Photo 2.6.b. Pomme de terre micro-irriguées.....	215
3.35-	Photo 3.1. Filtre hydrocyclone.....	216
3.36-	Photo 3.2. Mouvements de l'eau dans l'hydrocyclone.....	216
3.37-	Photo 3.3. Filtres à sable.....	217
3.38-	Photo 3.4. Mouvements de l'eau dans un filtre à sable.....	217
3.39-	Photo 3.5. Filtre à tamis.....	218
3.40-	Photo 3.6. Mouvement de l'eau dans un filtre à tamis.....	218
3.41-	Photo 3.7. Filtre à disques ou à lamelles.....	219
3.42-	Photo 3.8. Mouvement de l'eau dans un filtre à lamelles.....	219
3.43-	Photo 3.9. Pompe doseuse hydraulique.....	220
3.44-	Photo 3.10. Pompe doseuse électrique.....	220
3.45-	Photo 3.11. Venturi.....	221
3.46-	Photo 3.12. Installation d'un venturi.....	221
3.47-	Photo 3.13. Vanne à réglage.....	222
3.48-	Photo 3.14. Compteur volumétrique.....	222
3.49-	Photo 3.15. Manomètre.....	222
3.50-	Photo 3.16. Ventouse.....	222
3.51-	Photo 3.17. Exemple de bacs de solution mère.....	222
3.52-	Photo 3.18. Agitateur de solution mère.....	222
3.53-	Photo 4.1. Poste d'arrosage.....	223
3.54-	Photo 4.2. Conduite en PVC enterrée.....	223
3.55-	Photo 4.3. Différents diamètres de conduites en PVC.....	223
3.56-	Photo 4.4. Porte rampe portant un départ de rampe avant son installation.....	224
3.57-	Photo 4.5. Lignes de goutteurs ou rampes d'irrigation.....	224

3.58-	Photo 4.7. Vanne hydraulique à fonctionnement automatique placée à l'entrée du poste d'arrosage ...	225
3.59-	Photo 4.8. Vanne manuelle à l'entrée d'un poste d'arrosage.....	225
3.60-	Photo 4.9. Vannette à l'entrée d'une rampe	226
3.61-	Photo 4.10. Bouchons à l'extrémité du porte rampe.....	226
3.62-	Photo 4.11. Collier de fin de rampe.....	226
3.63-	Photo 4.12. Apport de gouttelettes d'eau	227
3.64-	Photo 4.13. Irrigation localisée en bande.....	227
3.65-	Photo 6.1. Station météo intégrée à l'ORMVA du Haouz	228
3.66-	Photo 6.2. Station météo sous abri-serre à Almería, Espagne.....	228
3.67-	Photo 6.3. Affichage du Rayonnement global par l'ORMVASM.....	228
3.68-	Photo 6.4. Bac évaporant US Class A station météo plein champs	229
3.69-	Photo 6.5. Bac évaporant US Class A placé sous abri-serre plastique.....	229
3.70-	Photo 6.6. Couche filtrante au fond du lysimètre	230
3.71-	Photo 6.7. Lysimètre d'une culture de poivron sous abri-serre.....	230
3.72-	Photo 6.8. Tensiomètre.....	231
3.73-	Photo 6.9. Emplacement des tensiomètres.....	231
3.74-	Photo 7.1. Bac de solutions mère et pompe doseuse.....	232
3.75-	Photo 7.2. Injecteur Venturi et Bac de solutions mère.....	232
3.76-	Photo 7.3. Bacs de solutions mère.....	232
3.77-	Photo 7.4. Préparation de la solution mère	233
3.78-	Photo 7.5. Matériel portatif de contrôle : EC mètre et pH mètre.....	233
3.79-	Photo 8.1. Contrôle de l'état du filtre à lamelles.....	234
3.80-	Photo 8.2. Nettoyage du filtre à lamelles.....	234
3.81-	Photo 8.3. Purge d'hydrocyclone.....	234
3.82-	Photo 8.4. Purgeage du filtre à lamelles	235
3.83-	Photo 8.5. Contrôle la pression à l'entrée et la sortie du filtre.....	235
3.84-	Photo 8.6. Préparation du matériel d'injection	235
3.85-	Photo 8.7. Contrôle de la pression à l'entrée du poste d'arrosage.....	236
3.86-	Photo 8.8. Tableau de commande lieu de réalisation du contrôle.....	236
3.87-	Photo 8.9. Manomètre portatif.....	236
3.88-	Photo 8.10. Contrôle de la pression à l'aval du système d'injection	237

3.89-	Photo 8.11. Récipient placé sous un goutteur.....	237
3.90-	Photo 8.13. Matériels de contrôle de la conduite de la ferti-irrigation.....	238
3.91-	Photo 8.14. Purge de la rampe	238
3.92-	Photo 8.15. Eau claire après la purge de la rampe.....	238
3.93-	Photo 8.16. Programmeur pour une filtration automatique.....	239
3.94-	Photo 8.17. Système de filtration automatique.....	239
3.95-	Photo 9.1. Eau superficielle à turbidité élevée	240
3.96-	Photo 9.2. Dépôt de calcaire sur Goutteur	240

4. Tableaux

4.1.	Tableau 1.1. Capacité des barrages à usage agricole et taux de remplissage au 1/09/2001.....	4
4.2.	Tableau 1.2. Superficie de la production agricole marocaine en milliers d'hectares (2001-2002).....	5
4.3.	Tableau 1.3. Types de maraîchage au Maroc	8
4.4.	Tableau 1.4. Superficies maraîchères en goutte à goutte.....	9
4.5.	Tableau 1.5. Superficie des cultures maraîchères d'exportation irriguées par goutte à goutte.....	10
4.6.	Tableau 1.6. Superficie en micro-irrigation en l'an 1999.....	13
4.7.	Tableau 2.1. Diamètre (d) du bulbe d'humectation et écartement minimum (E) entre goutteurs de débits (q) selon la texture du sol	25
4.8.	Tableau 2.2. Caractéristiques physiques des sols	26
4.9.	Tableau 2.3. Pourcentage de sol humidifié pour différentes textures et pour des débits (q) et écartements de goutteurs (E) et de rampes (E _r)	28
4.10.	Tableau 2.4. Potentiel de production des cultures selon leur tolérance à la salinité de l'eau (EC _e) et celle de l'extrait saturé du sol (EC _s) exprimées en mS/cm.....	37
4.11.	Tableau 3.1. Choix des filtres en fonction de l'origine et de la qualité de l'eau	46
4.12.	Tableau 3.2. Maille de filtration d'après US bureau of standard screen.....	47
4.13.	Tableau 4.1. Epaisseurs de canalisations en PVC utilisées en irrigation selon différentes pressions et diamètre extérieur	67
4.14.	Tableau 4.2. Caractéristiques des gaines souples par fabricant.....	86
4.15.	Tableau 5.1. Longueur (m) et diamètres intérieurs (mm) des conduites qui composent le porte rampe.....	103

4.16. Tableau 5.2. Diamètre en fonction du débit maximum à passer.....	106
4.17. Tableau 5.3. Récapitulatif des pertes de charge dans le système (Exemple fraisier).....	112
4.18. Tableau 5.4. Devis des éléments du réseau de distribution	117
4.19. Tableau 5.5. Devis du matériel de l'unité de tête	118
4.20. Tableau 6.1. K_c des Cultures protégées (région Agadir).....	124
4.21. Tableau 6.2. Valeur de (t) pour une paroi neuve et simple en fonction du % de transmission	125
4.22. Tableau 6.3. K_c des différents stades de croissance de Cultures maraîchères de plein champ.....	126
4.23. Tableau 6.4. K'_c pour la tomate sous abri-serre	128
4.24. Tableau 6.5. K'_c pour le melon abri-serre	129
4.25. Tableau 6.6. Apports à réaliser par lysimètre.	133
4.26. Tableau 7.1. Solution neutrophile de Coïc-Lesaint	145
4.27. Tableau 7.2. Exemples de correspondances entre les milliéquivalents, les milligrammes et les éléments fertilisants	146
4.28. Tableau 7.3. Conversion entre éléments et leur oxyde	146
4.29. Tableau 7.4. Les résultats d'analyses de l'eau d'une exploitation dans le Souss-Massa	147
4.30. Tableau 7.5. Concentration en méq/l de la solution nutritive pour un stade de croissance donné	149
4.31. Tableau 7.6. Concentration (méq/l) en engrais nécessaire à la préparation de la solution mère	149
4.32. Tableau 7.7. Concentration en g/l des engrais nécessaires pour la confection de la solution nutritive.....	151
4.33. Tableau 7.8. Quantités d'engrais à apporter dans une solution mère d'un mètre cube	151
4.34. Tableau 7.9. Compatibilité entre engrais utilisés	153
4.35. Tableau 7.10. Distribution des engrais entre les bacs.....	153
4.36. Tableau 7.11. Volume d'eau nécessaire pour solubiliser les engrais de la solution mère des bacs A et B	154
4.37. Tableau 7.12. Quantité des éléments et des engrais (en kg/ha par semaine) nécessaires pour confectionner une solution mère	159
4.38. Tableau 7.13. La quantité d'eau nécessaire pour dissoudre les engrais.	160
4.39. Tableau 8. 1. Contrôle de pression et anomalies détectées	169
4.40. Tableau 9.1. Classification des facteurs d'obstruction et les teneurs critiques dans l'eau d'irrigation	193
4.41. Tableau 9.2. Choix du mode de traitement de l'eau	197

**POUR PLUS D'INFORMATION
CONTACTEZ L'AUTEUR AU**

Tél. : 212-(0)- 64-28 15 06

Fax : 212-(0)-37-77 58 45

212-(0)-37-77 58 38

e-mail : h.elattir@iav.ac.ma

elattir@yahoo.com