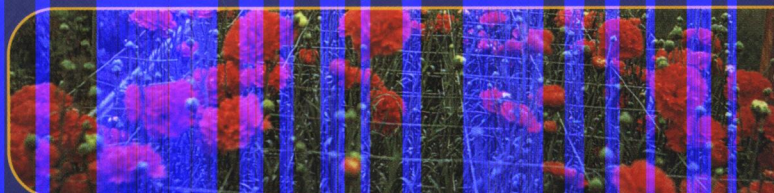


A 1965

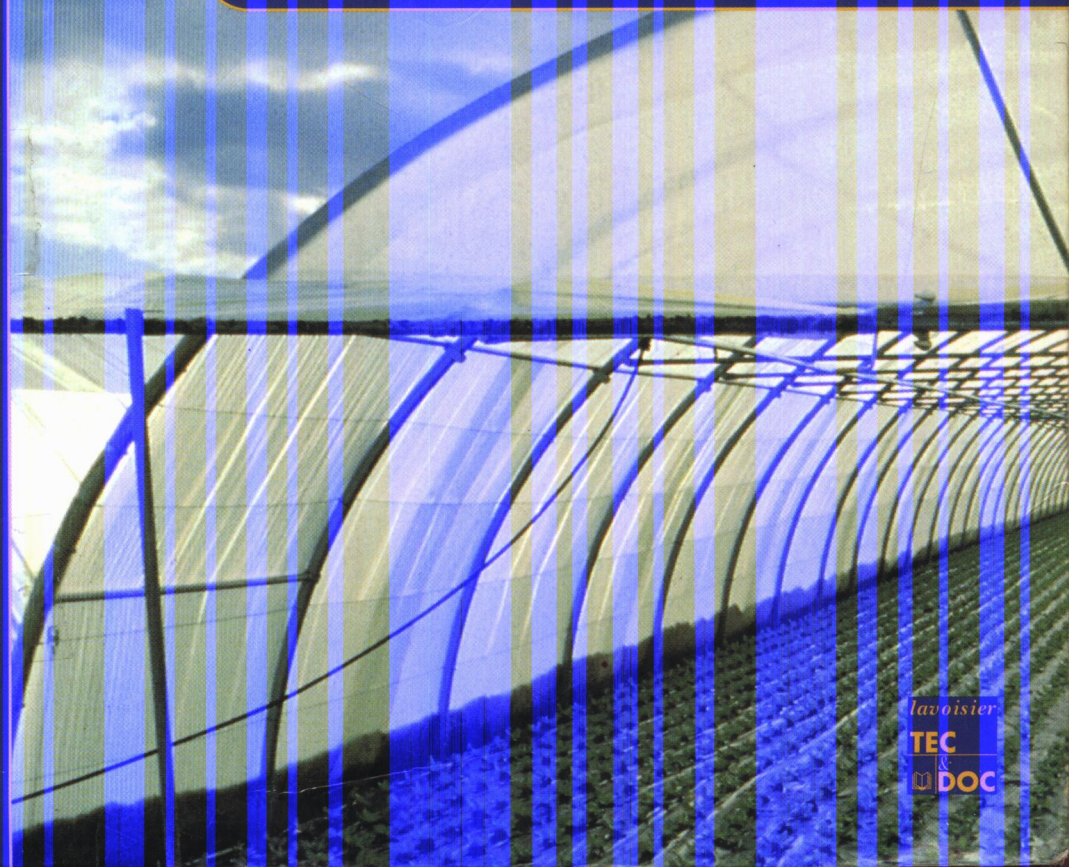
Introduction à la production sous serre

Laurent Urban



La gestion du climat

Tome 1



lavoisier
TEC
&
DOC

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

1. Généralités	1
2. L'importance des productions de serre	5
2.1 France	5
2.2 Europe et pourtour méditerranéen	6
2.3 Reste du monde	7

Chapitre 1

OBJECTIFS DE LA PRODUCTION DE SERRE

1. Objectifs techniques et économiques	9
2. Objectifs scientifiques	10
2.1 Maximisation du rendement	10
2.1.1 Une vision de bioclimatologiste : le schéma d'élaboration du rendement	10
2.1.2 Relation entre rendement et croissance	13
2.1.3 Objectifs scientifiques de l'augmentation du rendement	14
2.2 Optimisation de la qualité	14
2.2.1 Critères de qualité des produits horticoles de serre	14
2.2.2 Quelques pistes pour comprendre l'élaboration de la qualité	16
2.3 Maîtrise du calendrier de production	17
2.3.1 Programmation de la date d'entrée en production des plantes insensibles à la photopériode et n'ayant pas de besoin de froid.	17
2.3.2 Programmation de la production chez les plantes insensibles à la photopériode et n'ayant pas de besoin de froid	18
2.3.3 Programmation de la production chez les plantes sensibles à la photopériode ou ayant besoin de froid pour fleurir	18
2.4 Économies d'énergie	18

Chapitre 2

EFFETS DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LE MÉTABOLISME CARBONÉ

1. Photosynthèse	21
1.1 Généralités	21
1.2 Facteurs internes	21
1.2.1 Résistance à la diffusion gazeuse	23
1.2.2 Accumulation des produits de la photosynthèse	24

1.2.3	Disponibilité des protéines de la photosynthèse.	27
1.2.4	Âge des tissus	27
1.3	Facteurs externes.	27
1.3.1	Lumière	28
1.3.2	Température.	32
1.3.3	Taux de CO ₂	33
1.3.4	Hygrométrie.	37
2.	Respiration	37
2.1	Généralités.	37
2.2	Facteurs influençant la respiration	38
3.	Translocations et relations sources-puits	39
3.1	Translocations	39
3.2	Influence de la température.	40
3.3	Relations sources-puits	41
4.	Le problème de l'ajustement des températures - Rôle des modèles de croissance et de production.	42
4.1	Comment fixer les consignes de température ?	42
4.2	Exemple de modèle de croissance	44
4.2.1	Expression de la photosynthèse	44
4.2.2	Expression de la respiration de maintien	45
4.2.3	Expression de la respiration de croissance	45
4.2.4	Bilan.	45
4.3	Perspectives de la modélisation	47

Chapitre 3

EFFETS DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LA QUALITÉ

1.	Fleurs coupées	49
1.1	Qualité sensible	49
1.1.1	Taille des tiges florales et des boutons floraux - l'exemple du rosier	49
1.1.2	Aspect externe	51
1.2	Qualité latente	54
1.2.1	Influence de la lumière et du CO ₂	54
1.2.2	Influence de la température.	54
1.2.3	Influence de l'hygrométrie	55
2.	Légumes	56
2.1	Qualité sensible	56
2.1.1	Calibre des légumes-fruits.	56
2.1.2	Forme des fruits.	57
2.1.3	Coloration	57
2.1.4	Fermeté	58
2.1.5	Défauts extérieurs	58
2.2	Qualité latente	59
2.2.1	Aspects sanitaires	59
2.2.2	Goût	59

2.2.3	Qualité de conservation	60
3.	Plantes en pots, plantes à massifs et jeunes plants	61
3.1	Qualité sensible	61
3.1.1	Influence de la lumière	61
3.1.2	Influence de la température	61
3.1.3	Influence de l'hygrométrie	63
3.2	Qualité latente	63
3.2.1	Influence de la lumière	64
3.2.2	Influence de la température	64
3.2.3	Influence de l'hygrométrie	65

Chapitre 4

EFFETS DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LE CALENDRIER DE PRODUCTION

1.	Entrée en production des plantes insensibles à la photopériode et n'ayant aucun besoin de froid	68
1.1	Influence de la lumière, du taux de CO ₂ , du rapport C/N, des relations sources-puits et des températures	68
1.1.1	Effet de la lumière et du CO ₂	68
1.1.2	Effet du rapport carbone sur azote	68
1.1.3	Effet des compétitions entre les puits	69
1.1.4	Effet de la température	69
1.2	Exemple de modélisation	70
1.2.1	Détermination des différents stades de développement des tiges florales	70
1.2.2	Effet du rayonnement journalier (PAR)	70
1.2.3	Effet de la température moyenne sur 24 heures	71
2.	Entrée en production des plantes photopériodiques ou ayant besoin de froid pour fleurir	71
2.1	Influence des températures	71
2.2	Influence de la photopériode	73
2.2.1	Photopériodisme	73
2.2.2	Plantes sensibles à la photopériode	75
2.2.3	Éclairage photopériodique et occultation	75
2.2.4	Cultures dirigées ou programmées	75

Chapitre 5

EFFETS DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LE DÉVELOPPEMENT DES AGENTS PATHOGÈNES ET DES RAVAGEURS

1.	Généralités	77
2.	Développement des maladies sur plantes maraîchères et ornementales de serre	78

2.1 Influence de la lumière	78
2.2 Influence de la température	78
2.3 Influence de l'hygrométrie	80
2.4 Influence du vent	81
3. Principaux ravageurs des plantes maraîchères et ornementales de serre	81

Chapitre 6

ÉCHANGES DE CHALEUR EN SERRE

1. Transferts de chaleur	83
1.1 Conduction	83
1.2 Convection	84
1.2.1 Convection sans transfert de masse	84
1.2.2 Convection avec transfert de masse (changement de phase liquide ↔ vapeur)	86
1.3 Rayonnement	89
2. Propriétés de l'air humide	93
2.1 Rappel de quelques notions de physique	93
2.1.1 Constante des gaz parfaits	93
2.1.2 Masse volumique	94
2.1.3 Chaleur spécifique ou chaleur massique	94
2.1.4 Chaleur latente de vaporisation	94
2.1.5 Pression partielle d'un gaz	94
2.2 Propriétés de l'air humide	94
2.2.1 Teneur en eau de l'air (souvent appelée Humidité absolue)	94
2.2.2 Pression de vapeur saturante/point de rosée	94
2.2.3 Humidité relative	95
2.2.4 Déficit de saturation en vapeur d'eau	96
2.2.5 Potentiel hydrique	96
2.2.6 Enthalpie massique	97
2.3 Application aux échanges de chaleur par renouvellement d'air en serre	97
3. Échanges de chaleur en serre et le calcul du bilan thermique	98
3.1 Principes	98
3.2 Exemple de modélisation	99
3.2.1 Surface du sol	99
3.2.2 Végétation	100
3.2.3 Tubes de chauffage	100
3.2.4 Air intérieur	100
3.2.5 Paroi de la serre	100
3.3 Exemple de calcul de la longueur de tubes de chauffage à installer	101

Chapitre 7

PRINCIPES DE RÉGULATION APPLIQUÉS A LA SERRE

1. Généralités	103
2. Différentes méthodes de régulation.....	103
2.1 Régulation manuelle	104
2.2 Régulation automatisée.....	104
2.3 Gestion du climat	106
2.3.1 Niveau 0.	106
2.3.2 Niveau 1.	106
2.3.3 Niveau 2.	106
3. Différents modes de commande	108
3.1 Modes non progressifs	108
3.2 Modes progressifs	109
3.2.1 Mode flottant.....	109
3.2.2 Mode proportionnel.....	109
3.2.3 Mode proportionnel intégral	109
3.2.4 Mode proportionnel intégral dérivé	110

Chapitre 8

CHOIX DU SITE, DE LA SERRE ET DE SA COUVERTURE

1. Choix du site d'implantation des serres.....	111
1.1 Environnement naturel	111
1.1.1 Caractéristiques microclimatiques du site.....	111
1.1.2 Nature du terrain	112
1.1.3 Ressources en eau	112
1.2 Contexte économique et social	113
1.2.1 Proximité des marchés ou des voies de communication qui permettent de les atteindre	113
1.2.2 Fiabilité des approvisionnements et coût des consommables	114
1.2.3 Disponibilité et coût de la main d'œuvre locale.....	114
1.2.4 Avantages fiscaux, aides publiques consenties aux serristes qui veulent s'installer et taux bancaires	114
1.2.5 Valeur du foncier	115
1.3 Environnement scientifique et technique	115
1.4 Conclusion.....	115
2. Choix de la serre et de sa couverture.....	116
2.1 Description de la serre.....	116
2.1.1 Principaux types d'abris	116
2.1.2 Structure.....	117
2.1.3 Forme.....	121
2.2 Choix de la serre (en plastique ou en verre ?)	122
2.2.1 Avantages du plastique	122
2.2.2 Inconvénients et contraintes des plastiques	125

2.3 Choix de la couverture	128
2.3.1 Verres	128
2.3.2 Matériaux plastiques	129

Chapitre 9

MAÎTRISE DE LA LUMIÈRE ET DU CO₂

1. Lumière	135
1.1 Choix de l'orientation de la serre, des rangs de culture et de la densité de plantation	135
1.1.1 Orientation de la serre et des rangs de culture	135
1.1.2 Densité de plantation	136
1.2 Éclairage artificiel	137
1.2.1 Éclairage photosynthétique et éclairage photopériodique	137
1.2.2 Types de lampes utilisés en serre	140
1.3 Écrans d'ombrage et d'occultation	142
2. CO ₂	145
2.1 Taux de CO ₂ recommandés	145
2.2 Sources de CO ₂	147
2.2.1 Fumées de chaudières	147
2.2.2 CO ₂ liquide	150
2.2.3 Biogaz	151
2.3 Distribution du CO ₂ dans les serres	152

Chapitre 10

MAÎTRISE DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'HYGROMÉTRIE

1. Consignes pratiques de températures et d'hygrométrie	153
1.1 Consignes d'humidité	153
1.2 Consignes de températures	154
2. Chauffage	155
2.1 Sources d'énergie	155
2.1.1 Charbon	155
2.1.2 Bois et résidus	158
2.1.3 Fioul domestique (FOD)	159
2.1.4 Fioul lourd (FO2)	159
2.1.5 Gaz combustibles	160
2.2 Systèmes de chauffage	165
2.2.1 Chauffage radiatif ou chauffage convectif ?	165
2.2.2 Thermosiphon	167
2.2.3 Chauffage racinaire	175
2.2.4 Production d'air chaud	183
3. Refroidissement et l'humidification des serres	186
3.1 Ventilation	187

3.1.1	Ventilation statique	187
3.1.2	Ventilation dynamique	189
3.2	Cooling system	191
3.3	Nébulisation fine	191
3.3.1	Systèmes à eau sous forte pression	193
3.3.2	Systèmes à eau à basse pression	194
3.3.3	Systèmes air/eau	194
3.4	Refroidissement du sol et des substrats	195
4.	Déshumidification	196
4.1	Chauffage associé à la ventilation	196
4.2	Systèmes de déshumidification de l'air	196
5.	Économies d'énergie	197
5.1	Limitation des déperditions	197
5.1.1	Doublage des parois latérales externes	199
5.1.2	Écrans thermiques	199
5.1.3	Compartimentage des serres	200
5.1.4	Doubles protections temporaires	200
5.1.5	Protection des issues	202
5.1.6	Emplacement des allées principales	199
5.1.7	Brise-vent	202
5.2	Sources d'énergie alternatives	203
5.2.1	Pompes à chaleur	203
5.2.2	Rejets thermiques et géothermie	206
5.2.3	Énergie solaire	207
5.2.4	Biogaz	208

Chapitre 11

MAÎTRISE DES RAVAGEURS ET DES MALADIES

1.	Lutte chimique	209
1.1	Appareils de traitement phytosanitaire	209
1.1.1	Systèmes portatifs	209
1.1.2	Systèmes à poste fixe ou semi-fixe	211
1.1.3	Systèmes mobiles automatiques	211
1.2	Produits de traitement autorisés	212
2.	Lutte biologique et la lutte intégrée	221
2.1	Généralités	221
2.2	Situation et perspectives	222
3.	Désinfection des serres et mesures prophylactiques	224
3.1	Désinfection des serres	224
3.1.1	Pourquoi désinfecter les serres et leurs équipements ?	224
3.1.2	Quand désinfecter ?	224
3.1.3	Quels produits utiliser ?	224
3.1.4	Quelles mesures prendre avant de procéder à la désinfection proprement dite ?	225

3.1.5 Comment désinfecter une serre vide ?	226
3.2 Prophylaxie	226
4. Conclusion	227

Chapitre 12

RÉGULATION CLIMATIQUE, GESTION CLIMATIQUE ET ROBOTISATION EN SERRE

1. Régulation en serre	229
1.1 Mesures utilisées par les systèmes de régulation de serre	229
1.1.1 Mât météorologique	229
1.1.2 Compartiments de serre	230
1.1.3 Chaudières	230
1.1.4 Station de CO ₂	231
1.2 Contrôles effectués par les systèmes de régulation de serre	231
1.2.1 Fonction chauffage	231
1.2.2 Fonction aération	232
1.2.3 Fonction ombrage	232
1.2.4 Fonction enrichissement en CO ₂	232
1.2.5 Fonction humidification de l'air	232
1.2.6 Autres fonctions	232
1.3 Actions commandées par les systèmes de régulation de serre	233
1.3.1 Compartiments de serre	233
1.3.2 Chaudières	233
1.3.3 Station de CO ₂	233
2. Gestion climatique	233
2.1 Avantages	233
2.2 Ordinateurs de régulation climatique	234
2.2.1 Description	234
2.2.2 Différents types d'ordinateurs de gestion climatique rencontrés en serre	236
2.3 Tendances actuelles	237
2.3.1 Apparition de matériels d'origine industrielle	237
2.3.2 Amélioration de la communication avec le monde extérieur	238
2.3.3 Intégration de la régulation climatique et de celle de l'irrigation fertilisante	238
2.3.4 Utilisation d'informations fournies en temps réel par de nouveaux capteurs	238
2.3.5 Évolution de la mission des ordinateurs : de la régulation au pilotage	240
2.3.6 Conclusion	240
2.4 Fonctions des ordinateurs de gestion climatique	240
2.4.1 Gestion des températures	241
2.4.2 Gestion de l'hygrométrie	242
2.4.3 Gestion de la lumière	243

2.4.4 Gestion du CO ₂	243
2.4.5 Gestion de la chaufferie.	244
2.4.6 Gestion des alarmes.	244
2.5 Dialogue avec l'utilisateur	245
2.5.1 Ordres	245
2.5.2 Sorties	245
2.6 Sécurité et service après-vente	246
3. Mesures physiques effectuées en serre	246
3.1 Lumière	246
3.2 Températures d'air, de sol ou de substrat, et d'eau (sur le circuit de chauffage)	247
3.3 Hygrométrie.	248
3.3.1 Psychromètres	248
3.3.2 Capteurs capacitifs	249
3.4 Vitesse et orientation du vent	249
3.5 Détection de la pluie	249
3.6 Taux de CO ₂	249
4. Les robots dans la serre	249
BIBLIOGRAPHIE	253

ANNEXES

Normes françaises	270
1. Normes pour les serres et abris	270
2. Normes pour les films plastiques à usage agricole	270
Abréviations et sigles.	271
Indices	274
Unités	274
Préfixes.	274
Liste des figures	275
Liste des photographies	278
LEXIQUE	281
INDEX	299