

E. BERNINGER

cultures florales de serre en zone méditerranéenne française

éléments climatiques et physiologiques

DU LABO AU TERRAIN



revue
horticole

**CULTURES FLORALES
DE SERRE EN ZONE
MEDITERRANEENNE
FRANÇAISE**

**Eléments climatiques
et physiologiques**

COLLECTION

CULTURES FLORALES DE SERRE EN ZONE MEDITERRANEENNE FRANÇAISE

Eléments climatiques et physiologiques

E. BERNINGER

INRA

*Station d'Amélioration des Plantes florales
83600 Fréjus*



147, rue de l'Université, 75007 PARIS



B.P. 1516, 87021 Limoges Cédex

DU LABO AU TERRAIN

Ouvrages parus dans la même collection :

Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives

G. RIBA, Christine SILVY
1989, 230 p.

Ennemis et maladies des prairies

G. RAYNAL, J. GONDRAN,
R. BOURNOVILLE, M. COURTILLOT, ed.
1989, 252 p., 39 pl. couleur.

Sous presse :

Cultures en pots et conteneurs

Principes agronomiques et applications
Co-édition INRA-PHM Revue Horticole
F. LEMAIRE, A. DARTIGUES,
L.-M. RIVIERE, S. CHARPENTIER

© INRA, Paris, 1989
ISBN : 2-7380-0158-0

© PHM Revue Horticole, Limoges, 1989

AVANT PROPOS

L'utilité d'études globales sur les cultures en serre s'est imposée lors de la crise pétrolière des années 75. Les producteurs, les chercheurs se sont interrogés sur les particularités du climat et des cultures et sur les perspectives d'évolution technique. Depuis, une détente sur les coûts de l'énergie a eu lieu, mais combien de temps durera-t-elle ?

Le lecteur s'apercevra qu'il est souvent fait référence à des études conduites dans le Nord de l'Europe, ou sur des espèces légumières, car les publications de travaux de physiologie menés en zone méditerranéenne sur des espèces ornementales sont encore fragmentaires. Les biologistes et les agronomes ont beaucoup de lacunes à combler ; en particulier, sur les effets de situations spécifiques comme la grande amplitude des températures estivales et hivernales, ou même diurnes et nocturnes, comme la fréquence des états de forte luminosité et de basse hygrométrie, qui sont très aigus dans nos régions. Ce qui peut être un simple écart à l'optimum ailleurs devient un « stress » ici. Les problèmes d'hygrométrie ont été délaissés tant que des dispositifs simples et fiables de maîtrise n'existaient pas. Souhaitons que cette lacune soit comblée dans les prochaines années.

Cet ouvrage est basé, pour l'essentiel, sur les résultats obtenus à la Station d'Amélioration des Plantes Florales de l'INRA à Fréjus. Il a pu être mené à bien grâce à la contribution notamment de C. Courbet, pour les données climatiques, de Mme L. Berenguer qui dactylographia les versions successives, et grâce aux soins et conseils appréciés des lecteurs, MM. Bigot, Bordes, Lemattre, professeurs à l'ENSH de Versailles, et A. Baille, bioclimatologue à l'INRA de Montfavet. Qu'ils en soient vivement remerciés.

E. Berninger

SOMMAIRE

INTRODUCTION	11
--------------------	----

I^e PARTIE LE CLIMAT ET LA TECHNIQUE

CHAPITRE 1. Le climat extérieur	17
A. Description du climat local.....	17
a) <i>Durée du jour</i>	17
b) <i>Rayonnement solaire</i>	19
c) <i>Rayonnement atmosphérique</i>	20
d) <i>Températures</i>	21
e) <i>Vents</i>	26
f) <i>Composition de l'atmosphère</i>	26
g) <i>Précipitations</i>	28
B. Variations de la température en cours de journée et types de temps ..	28
C. Représentativité du climat de Fréjus par rapport aux autres zones horticoles méditerranéennes françaises.....	31
CHAPITRE 2. Le climat de la serre	33
A. Climat spontané de la serre.....	33
a) <i>L'effet de serre</i>	35
b) <i>Le rayonnement dans les serres</i>	38
c) <i>Les températures d'air dans la serre</i>	42
d) <i>Température de la plante</i>	46
e) <i>Température du sol</i>	47
f) <i>L'inertie thermique d'une serre</i>	47
g) <i>L'atmosphère des serres</i>	48
B. Modifications possibles du climat spontané des serres	53
a) <i>Chauffage</i>	54
b) <i>Maîtrise de l'élévation des températures de jour</i>	54
c) <i>Maîtrise de la teneur en CO₂ de l'atmosphère</i>	55
d) <i>Maîtrise de la photopériode</i>	56
C. Normalisation des paramètres physiques et de la description des essais en culture protégée	57

D. Récapitulation	58
a) <i>Bilan d'énergie de la serre</i>	58
b) <i>Bilan de CO₂</i>	62
CHAPITRE 3. Différents types de serres et aménagements	67
A. Dimensions et volume	67
a) <i>Serres à armatures rigides, revêtement rigide (verre) ou semi-rigide (synthétique)</i>	67
b) <i>Films</i>	69
B. Serres sur pentes.....	69
C. Amélioration de l'utilisation de l'énergie diurne captée	72
D. Amélioration de l'isolation thermique.....	73
E. Les dispositifs de culture	75
F. Sécurité et cohérence de conception de la serre	77

<p>II^e PARTIE LES CULTURES</p>

CHAPITRE 1. Physiologie des cultures	83
A. Généralités.....	83
B. Les fonctions physiologiques et la croissance	88
a) <i>L'absorption d'eau et d'éléments minéraux</i>	88
b) <i>La photosynthèse et la respiration</i>	91
c) <i>La croissance physique (en dimensions et poids)</i>	114
C. Le développement	121
a) <i>La différenciation florale</i>	121
b) <i>Facteurs climatiques et développement</i>	125
CHAPITRE 2. Optimisation des cultures ornementales en serre	135
A. Evolution d'une plante et d'une culture.....	135
a) <i>Etats adaptatifs aux conditions de milieu</i>	135
b) <i>Déroulement pratique des cultures</i>	137
c) <i>Différents modèles de cultures</i>	139
B. Optimisation des facteurs de production en serre	156
a) <i>Recherches en vue de l'optimisation des facteurs de l'environnement</i>	157
b) <i>Evaluation de l'adéquation des températures pratiquées en culture</i> ..	158
c) <i>Essai de caractérisation biologique des situations climatiques, complé- ment sur l'équilibre lumière/température</i>	160
d) <i>Autres facteurs de l'environnement</i>	163
e) <i>Loi des facteurs limitants</i>	165
C. Evolution des facteurs de production.....	166
a) <i>Répercussions des modifications de l'abri</i>	166
b) <i>Répercussions d'un chauffage plus performant</i>	167
c) <i>Utilisation de l'espace en serre</i>	168
d) <i>Evolution à long terme</i>	169

D. Le facteur végétal	169
a) <i>Ressources</i>	169
b) <i>Exigences thermiques et lumineuses de diverses cultures</i>	171
c) <i>Etat de la sélection génétique</i>	173
d) <i>Potentialités et objectifs de sélection</i>	174
e) <i>Pratique de la sélection pour de moindres exigences thermiques et lumineuses</i>	176
f) <i>Autres objectifs de sélection</i>	177

<p>III^e PARTIE SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS</p>

A. Généralités	181
B. Potentialités de divers types de serres	183
a) <i>Les serres actuelles</i>	183
b) <i>Les serres futures</i>	184
c) <i>Autres types d'abris</i>	186
C. Conciliation des progrès technologique et variétal	186
D. Cultures en climat artificiel	188
E. Valorisation des différentes formes d'énergie	189
F. Bilan énergétique d'une culture hivernale en serre	191
G. Relations entre le climat extérieur, le type de culture et la consommation énergétique du chauffage	193
H. Potentialités d'autres régions climatiques	195
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	197
SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS, UNITÉS DE MESURE	203
INDEX MATIÈRES	205

INTRODUCTION

Dans notre pays, la construction et l'exploitation des serres ont connu une forte expansion depuis 25 ans, mais cette expansion a été ralentie par la crise de l'énergie. L'horticulture de serre est devenue une activité pionnière dans l'exploitation d'un milieu artificialisé. Elle préfigure la culture en milieux totalement contrôlés, en chambres climatisées à éclairage électrique. Celles-ci n'ont pas seulement un intérêt scientifique ou théorique car elles peuvent être rentables pour certaines productions, dans les situations où l'énergie électrique abonde et où la lumière naturelle hivernale fait défaut.

Dans les régions tempérées moyennes ou froides, la culture en serre est dépendante d'apports importants d'énergie artificielle, dès qu'elle est menée en dehors de la période estivale. Dans les zones tempérées méditerranéennes ou chaudes, il semble de plus en plus possible d'exploiter les serres en hiver avec des apports d'énergie artificielle réduits ou nuls. Pour parvenir à ce résultat, il faut comprendre le fonctionnement de la serre et des cultures qu'elle abrite, rechercher des matériaux, des techniques culturales et des variétés appropriées, et savoir imposer des limites aux productions à contre saison.

Mais le progrès technique qui a mis à notre disposition l'énergie abondante puis les serres a aussi rapproché les continents et les latitudes, et la lutte économique est ouverte entre productions locales ou voisines et productions lointaines.

Les ouvrages et articles sur les serres sont nombreux, surtout dans la littérature scientifique ou technique de langue anglaise, allemande, hollandaise. En France, une synthèse des recherches conduites à l'INRA (« *l'INRA et les cultures sous serre* ») est parue en 1983. Le traité de Bordes « *La serre moyen de création d'un climat* » (1967), et celui de Cormary et Nicolas « *La thermique des serres* » (1985), sont les ouvrages les plus généraux et les plus techniques.

Dans l'ensemble, les connaissances portent surtout sur la serre tempérée d'Europe occidentale et sur son chauffage. Les abris plus sommaires des régions méditerranéennes, très importants en production maraîchère, objets d'une industrie moins organisée, mériteraient le même intérêt.

Basé sur l'expérience de cultures florales conduites surtout dans des serres classiques en région méridionale, ce livre ne traitera que partiellement des problèmes de l'abri léger. Il est bien établi que le climat spontané réalisé en serre dépend d'une part du climat extérieur, d'autre part des caractéristiques physiques et géométriques de l'abri. Les spécificités des cultures florales justifient des équipements particuliers, pour les cultures pérennes chauffées en plein sol ou pour les plantes en pots par exemple. Ces équipements doivent être adaptés aux conditions climatiques régionales, ou même locales comme la résistance au vent. Aussi, cette étude ne prétend pas à la généralisation.

Considérant que la réussite des cultures en serre résulte de la synthèse de bonnes conditions culturales et climatiques, il insiste sur les aspects de physiologie qui semblent plus évidents ou mieux perçus dans ce domaine des productions végétales que dans celui des cultures de plein air, en raison sans doute des moyens dont nous disposons pour maîtriser la culture et le climat.

Description - Définition de la serre

La serre est une construction destinée à abriter des cultures de plantes ornementales, légumières ou fruitières, et parfois -dans un but expérimental ou didactique- de toutes autres plantes, dans des conditions plus favorables ou plus sûres qu'en plein air.

Ceci implique :

- une enveloppe transparente aux radiations nécessaires pour la vie des plantes, d'où résulte un climat modifié par rapport au climat extérieur ;
- des dimensions appropriées à la culture envisagée, allant des « palmarium » aux serres basses ;
- un substrat naturel ou artificiel et une alimentation en eau ;
- des dispositifs permettant des échanges d'air avec l'extérieur ;
- éventuellement des dispositifs pour limiter les variations de paramètres comme la température ou l'humidité dans la serre, ou pour en contrôler plus précisément le climat.

Voici une autre définition plus succincte : la serre est un volume plus ou moins séparé de l'extérieur par une paroi plus ou moins transparente et perméable à l'air.

En France, la norme AFNOR/U 57001 indique : les serres de production peuvent se définir comme des « enceintes destinées à la culture et à la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire et dont les dimensions permettent à un homme de travailler aisément à l'intérieur ». Ceci exclut donc les chassis et petits tunnels (chenille, tunnels nantais...).

La conception et la réalisation — industrielle ou individuelle — résultent de compromis entre les contingences climatiques et la disponibilité des matériaux de charpente et de couverture, comme par exemple la résistance au vent, aux surcharges externes (neige, grêle) ou internes (poids des cultures pâlissées portées par la charpente, poids des équipements de chauffage, irrigation etc...), de considérations économiques (prix de revient, longévité), et également de traditions bien ancrées, encore que d'origine récente (exemple du verre martelé en France).

I
LE CLIMAT ET LA
TECHNIQUE

LE CLIMAT EXTÉRIEUR

A. Description du climat local

Le climat de Fréjus, en zone littorale de plaine, 43°40 latitude Nord, est pris comme exemple. Cette description se limitera aux éléments ayant un rapport certain avec la culture et la serre et, en particulier, au rayonnement solaire global et à la température d'air.

a) Durée du jour

Les variations en cours d'année de la *durée astronomique du jour D*, en heures et dixièmes d'heure, sont des valeurs cosmographiques invariables pour un jour et une latitude donnée (tabl. 1).

Le jour astronomique est la période comprise entre le lever et le coucher du soleil, eux-mêmes définis par l'apparition et la disparition du disque solaire par rapport au plan de l'horizon.

Tableau 1. — Durée du jour astronomique en dixièmes d'heure

Latitude nord	Mois											
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
52°	81	97	116	136	154	164	159	144	124	104	86	76
48°	86	100	117	134	149	157	154	141	124	106	90	82
44°	91	102	117	132	145	152	149	138	123	108	94	87
36°	100	109	119	131	141	146	144	135	123	113	102	97

Zones horticoles correspondantes :

52° = Hambourg - Pays-Bas.

48° = Région parisienne.

44° = Midi de la France.

36° = Sud Espagne, Crète.

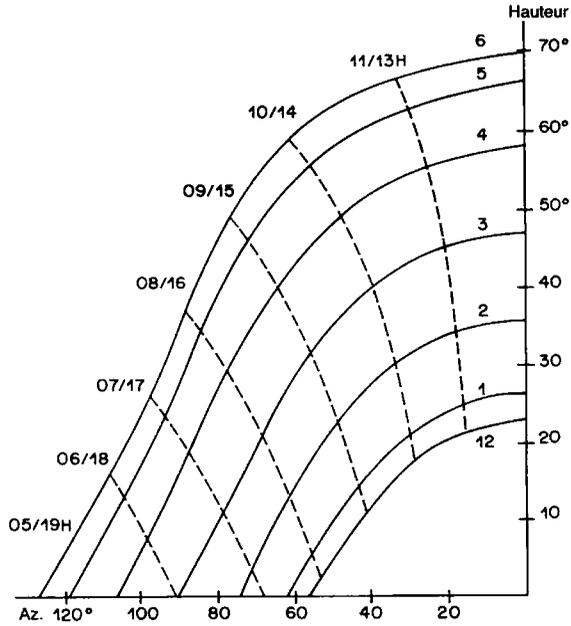


Figure 1. — Variations de la position du soleil en hauteur et en azimuth, en degrés, à la latitude de Fréjus (43° 40' N) le 20 du mois, de décembre (12) à juin (6).

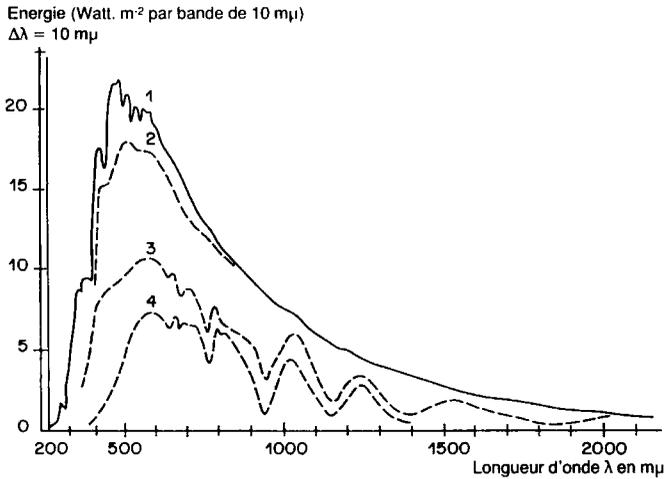


Figure 2. — Absorption des radiations solaires par l'atmosphère. Densité superficielle du flux énergétique solaire direct (d'après Costes, 1960).

1. Au sommet de l'atmosphère, M = 1, air pur et sec.
2. Après traversée de l'atmosphère, M = 1, air pur et sec.
3. Après traversée de l'atmosphère, hauteur du soleil = 35°.
4. Après traversée de l'atmosphère, hauteur du soleil = 15° (d'après Dogniaux, 1954).