



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

CONDITIONS DE PRODUCTION DE LEGUMES SOUS SERRE FROIDE HORS
SAISON ET CHOIX DE ZONES FAVORABLES

Les techniques de "culture protégée", allant de l'utilisation d'un simple film posé sur le sol à celle d'une serre plus ou moins sophistiquée, ont toujours comme but principal de modifier le climat naturel d'une région de façon à ce que celui-ci rencontre au mieux possible les exigences des plantes y cultivées.

En Méditerranée, -et l'on peut ainsi définir, du point de vue agronomique ce que l'on entend par "climat méditerranéen - la culture de plantes exigeantes en chaleur (tomates, poivrons, ...) doit pouvoir être effectuée hors saison et si possible, même à contre-saison (hiver) moyennant le seul recours à des techniques de protection relativement peu coûteuses: abris et moyens de production simples, chauffage et refroidissement naturels de l'ambiance créée (1).

Ceci implique cependant que les abris -et surtout leur couverture - soient conçus en fonction-même du climat de la région où ils devront être érigés et que le climat des régions choisies pour les cultures hors saison présente des caractéristiques qu'il est utile de tenter de définir.

1. Conditions de production en Méditerranée

Le seul critère que les climatologues soient unanimes à reconnaître comme caractéristique du climat méditerranéen est la concentration des pluies sur la saison froide; la caractéristique thermique "hiver doux" ne couvrant pas toute la Méditerranée. En effet, plusieurs variantes thermiques existent dans le climat méditerranéen qui ne sont pas toutes favorables au succès de la culture

protégée lorsque celle-ci vise essentiellement une production hors saison.

1.1. Exigences climatiques des cultures

a. Température

Malgré les différences variétales, on peut arbitrairement reconnaître que les espèces pour lesquelles sont principalement mises en oeuvre les techniques de culture protégée sont des espèces à fortes exigences thermiques adaptées à des températures de l'air se situant entre les limites extrêmes suivantes:

- températures minimales $> 12^{\circ}\text{C}$,
- températures maximales $< 32^{\circ}\text{C}$;

soit, en zone littorale, des températures moyennes mensuelles comprises entre 17 et 27°C , et en zone intérieure, des températures moyennes mensuelles comprises entre 17 et 22°C (cette distinction tient compte de l'amplitude de variation de température beaucoup plus grande à l'intérieur des terres qu'au littoral).

Dès que la température reste inférieure à $10-12^{\circ}\text{C}$, ne serait-ce que pendant quelques heures de la nuit, le comportement des cultures est suffisamment perturbé pour que la productivité en soit affectée plus ou moins largement, tant en qualité qu'en quantité.

Lorsque la température minimum de la plante s'abaisse jusqu'à $6-7^{\circ}\text{C}$ plusieurs nuits consécutives, on peut admettre que le végétal peut encore présenter une certaine croissance végétative, mais qu'il voit son développement génératif d'autant plus perturbé que la durée de la période froide est longue. Dans le cas de la tomate, une solution de continuité peut apparaître dans la production de fruits

durant les six mois ou la durée du jour est la plus courte
ce qui, pour une culture sous abri, nécessite en hiver, donc
épandages, par une insolation journalière de 5 heures.
Ce seul degré de chaleur est obtenu, selon les

énergétiques
insolation en heures manuelles et véritablement
l'importance de l'abris par un tel abris est relatif au
rayonnement solaire varie tout au long de la journée. Pour
l'abris, on peut l'efficacité photométrique de
observées en une région qui l'énergie solaire reçue sur
réflecteur au nord d'heures d'insolation véritablement
cultures sous serre, il est plus pratique de faire les
pour exprimer les besoins en lumière des végétaux

peut appeler un seul tropique
un minimum d'énergie solaire correspondant à ce que l'on
des végétaux ne s'accomplit normalement que s'ils reçoivent
simultanément exige nées en lumière. La croissance de
Il est logique que les plantes exige nées en chaleur, leur

5. Lumière

parturbs et leur rendement faible
sous le seul des 15°C. Ces plantes voient leur croissance
D'autre part, lorsque la température du sol descend

3°C. (0,3,4,5)
températures minimales du mois le plus froid est inférieure
tuer les plantes devient réel lorsque la moyenne des
d'air négatives pendant un temps suffisamment long pour
climatologiques, que la risque d'apparition de températures
par les gelées et l'on peut admettre, avec les
Il va de soi, enfin, que ces espèces sont détruites

suite à l'avortement d'un bouquet floral.

(octobre à mars), correspond à un minimum de 900 heures d'insolation, ou environ 45 Kcal/cm².

Klapwijk (8) montre d'ailleurs, qu'en Hollande, le taux de croissance et de développement des tomates sous serre devient constant à partir du 21 mars et le reste jusqu'au 21 septembre. Les éclaircissement reçus au 21 mars en Hollande correspondent au seuil ci-dessus mentionné.

Un rendement optimal, tout au long de l'hiver, de tomates ou de concombres ou une production satisfaisante de poivrons ou de melons sous abri non chauffé artificiellement ne sont néanmoins réalisables que sous des ensoleillements naturels (d'octobre à mars) de l'ordre de 1400 heures (soit environ 70 Kcal/cm²), tels ceux rencontrés à Agadir-Maroc (4).

c. Humidité

Les plantes ne peuvent dépasser un taux de transpiration supérieur à 7 mm/jour sans que leur comportement ne s'en ressentent: diminution de la production mais aussi de la qualité des fruits.

Enfin, à des températures non excessives, la gamme des humidités relatives comprises entre 70 et 80 % peut être considérée comme "plage de confort" hygrométrique pour les plantes.

1.1. Climat dans les serres non chauffées

La modification de l'environnement physique des cultures est liée :

- d'une part à la propriété plus ou moins marquée des matériaux de "piéger" de l'énergie radiative à l'intérieur de l'enceinte (effet de serre);
- d'autre part à la limitation de la turbulence.

En règle générale, la présence d'un abri-serre simple paroi n'élève que très peu les températures nocturnes, le réchauffement ne dépasse pas 2 à 5° C. (9). Certaines nuits, par ciel dégagé et vent moyen à fort, on peut assister à des inversions de températures, même sous un matériau de couverture considéré comme possédant l'effet de serre. Il fait alors plus froid sous la serre qu'à l'extérieur.

Sous climat méditerranéen, toutes les conditions favorisant les déperditions de chaleur des serres peuvent être réunies: abaissement des températures minimales en plein air, ciel dégagé, air sec, et vent fort.

Le jour, par contre, les gains de température sont d'autant plus importants que le rayonnement solaire est plus intense et le vent plus faible.

L'amplitude maximale des gains de température varie donc avec la latitude et, pour une situation donnée, avec l'époque de l'année. Dans les conditions de l'Algérie ou de la Tunisie (9) au mois de décembre, la température de la serre peut, le jour, être d'environ 10° C supérieure à celle de l'extérieur. Mais, dès le mois de mars, des échauffements diurnes de 15 à 20° C sinon davantage peuvent s'observer; ils se révèlent difficiles à contrôler par simple ventilation statique.

L'utilisation d'une serre ne compense jamais un déficit d'ensoleillement; au contraire! Les meilleurs films ne transmettent que 90% maximum du rayonnement solaire direct; et les pertes de lumière observées sous abri et dues au film et à la structure atteignent une moyenne souvent supérieure à 30%. (40% si couverture sale ou vieillie)

Il a déjà été dit plus haut que pour que les végétaux

6

cultivés dans une serre "normale" reçoivent d'octobre à mars le minimum d'énergie solaire qu'ils exigent, cette serre doit être située dans une région où l'insolation est de l'ordre de 900 heures.

Il est admis d'autre part que, en conditions méditerranéennes, une insolation de 1100 heures assure par effet de serre une température minimale sous serre qui rencontre les exigences des tomates et concombres.

Ceci n'apparaît cependant pas évident car, même en supposant que l'insolation soit également répartie sur la période considérée, la température observée dans la serre dépend non seulement de l'énergie solaire reçue par la serre, mais aussi de la température minimum enregistrée à l'extérieur, ainsi que des propriétés radiométriques de la couverture.

De la même façon, si selon les climatologues, une moyenne des minima du mois le plus froid (m) supérieure ou égale à 7° C correspond à une probabilité d'absence de gel, cette condition ($m \gg 7$) est cependant insuffisante pour protéger la plante de tout accident et à plus forte raison pour lui assurer une production valable et continue tout au long de l'hiver.

Le tableau ci-dessous réalise la synthèse des besoins en lumière et en chaleur des végétaux cultivés sous serre en hiver en fonction de la croissance et du développement qu'ils sont susceptibles de montrer. En outre, il prend en considération le rôle joué par la couverture de la serre; ~~comme on le verra plus loin,~~ les propriétés radiométriques de celles-ci permettant de modifier plus ou moins sensiblement les bilans lumineux et thermiques de l'abri.

Tableau : Exigences thermiques et lumineuses hivernales requises en fonction de la nature de la couverture.

	PE normal	PE chargé	D. paroi	
m > 7	h = 1300	h = 1200	h = 1100	Cr. et dév. satisf.
m > 7	h = 1400	h = 1300	h = 1200	Cr. et dév. optimum
m > 9	h = 1300	h = 1200	h = 1100	Cr. et dév. optimum

Pour une meilleure compréhension du tableau, il est bon de remarquer que PE non chargé et PE chargé en simple paroi réduisent la lumière disponible d'une façon pratiquement égale (mais relèvent différemment les minima thermiques), tandis que la double paroi, si elle améliore davantage (de l'ordre de 4 à 6 °C par rapport à une simple paroi (9)) le bilan thermique nocturne de la serre, provoque des pertes de lumière de 10 % supérieures à celles observées sous simple paroi.

Dans le tableau ci-dessus, il faut donc noter que la double paroi permet de cultiver valablement dans des régions à température moyenne plus faible (que ce que ne permet la simple paroi), et que si elle exige que l'insolation reçue soit supérieure, elle conduit aussi à des rendements meilleurs ou tout au moins elle réduit les risques de dégâts aux cultures par température extérieure anormalement faible.

L'humidité est un des facteurs du milieu qu'il importe de garder en équilibre parfait avec la température et la lumière pour que la culture effectuée en serre se réalise dans les meilleures conditions.

Or, la nuit, la température s'abaisse dans l'abri et comme l'humidité relative est fonction inverse de la température, pour un contenu absolu en eau de l'air, l'HR augmente et peut atteindre des valeurs très élevées, provoquant alors la condensation sur la structure, le film ou les plantes.

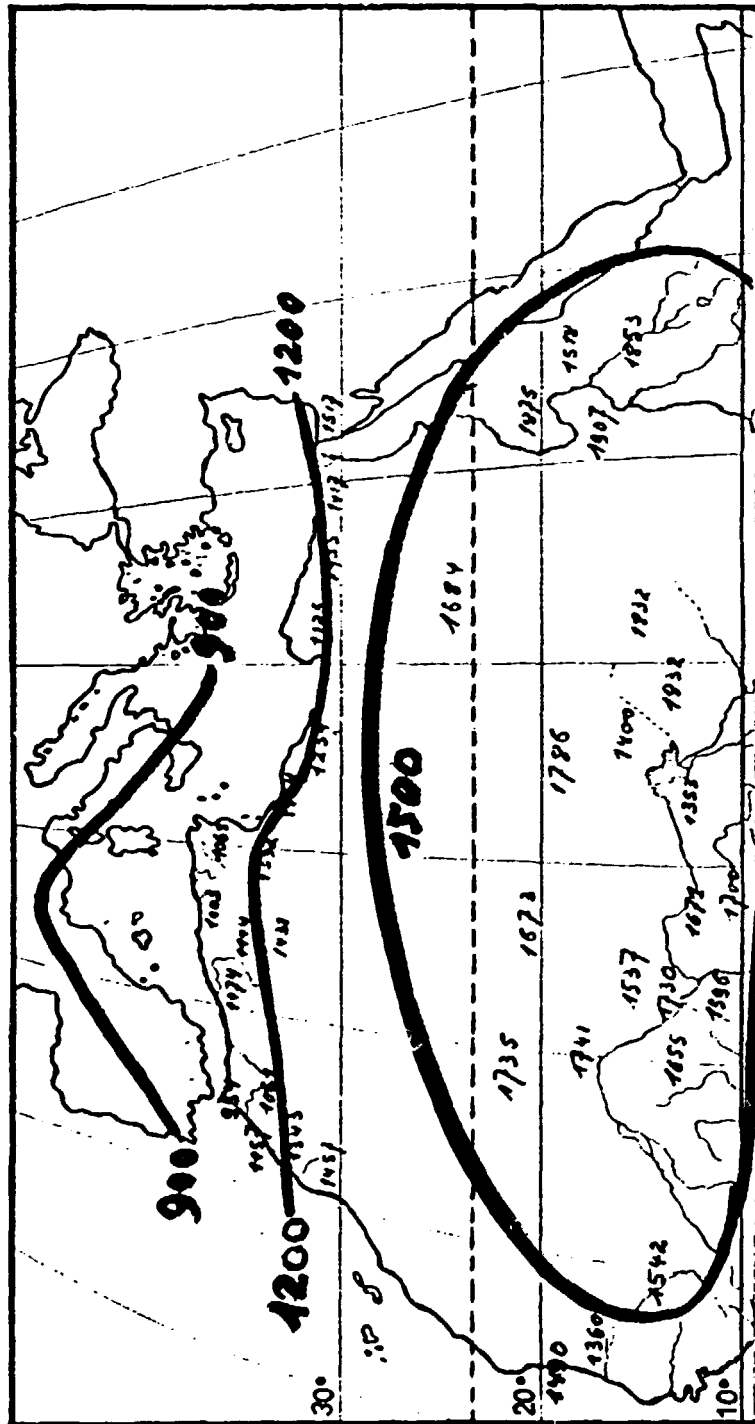
Et le jour, lorsque le rayonnement solaire fait augmenter la température, l'HR diminue (diminution ralentie dans un premier temps par la transpiration) et dans certains cas, elle peut tomber à des valeurs faibles.

L'abri agit néanmoins comme réducteur de l'évapotranspiration des plantes: celle-ci atteint, sous serre, 70 % environ de celle mesurée à l'extérieur durant une culture d'hiver tandis que la consommation d'eau par kg de fruits formés est, pour la tomate, pratiquement réduite de moitié (1).

1.3. Le climat de la zone méditerranéenne

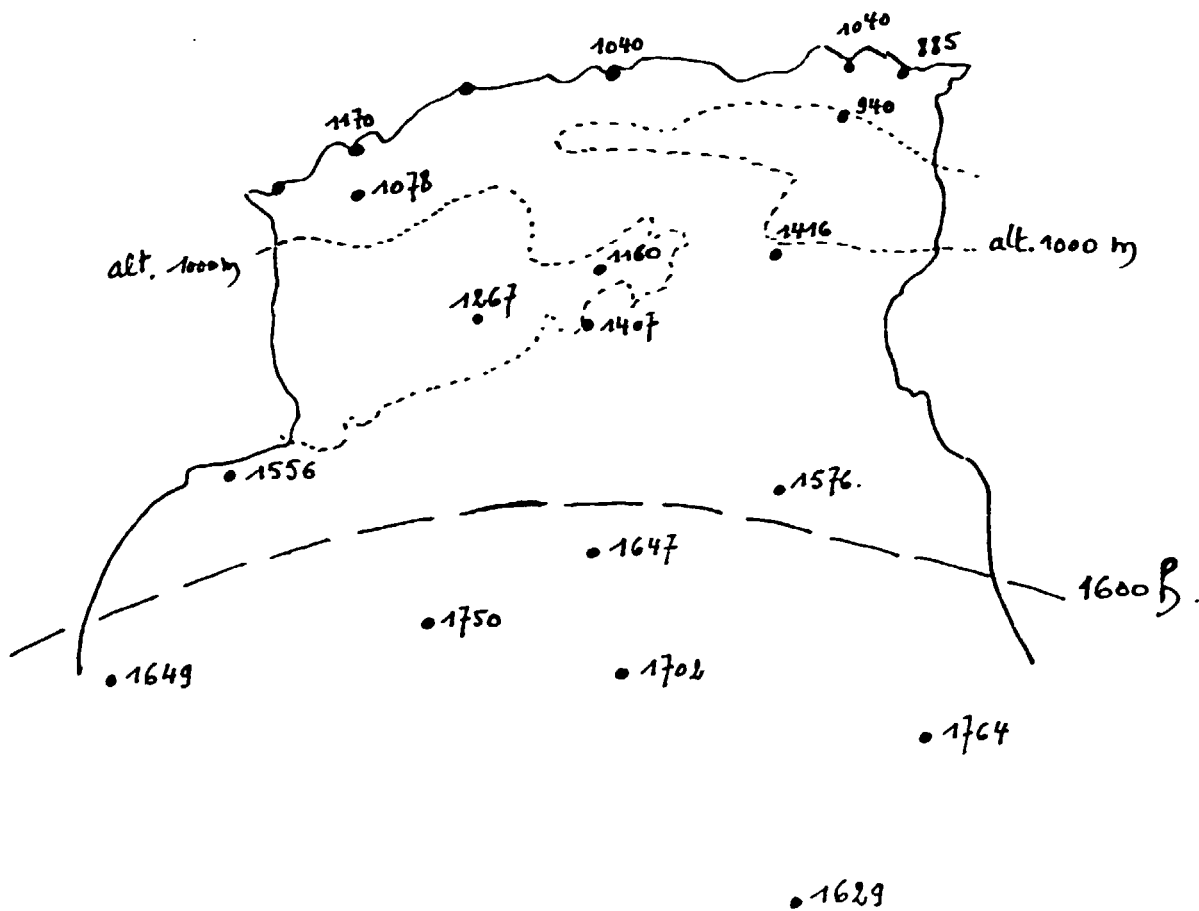
CARTES	de température $m = 7^{\circ}\text{C}$
	de précipitation
	de l'insolation
Tableau	Coefficient d'Emberger

Insolation hivernale (octobre-mars) en heures



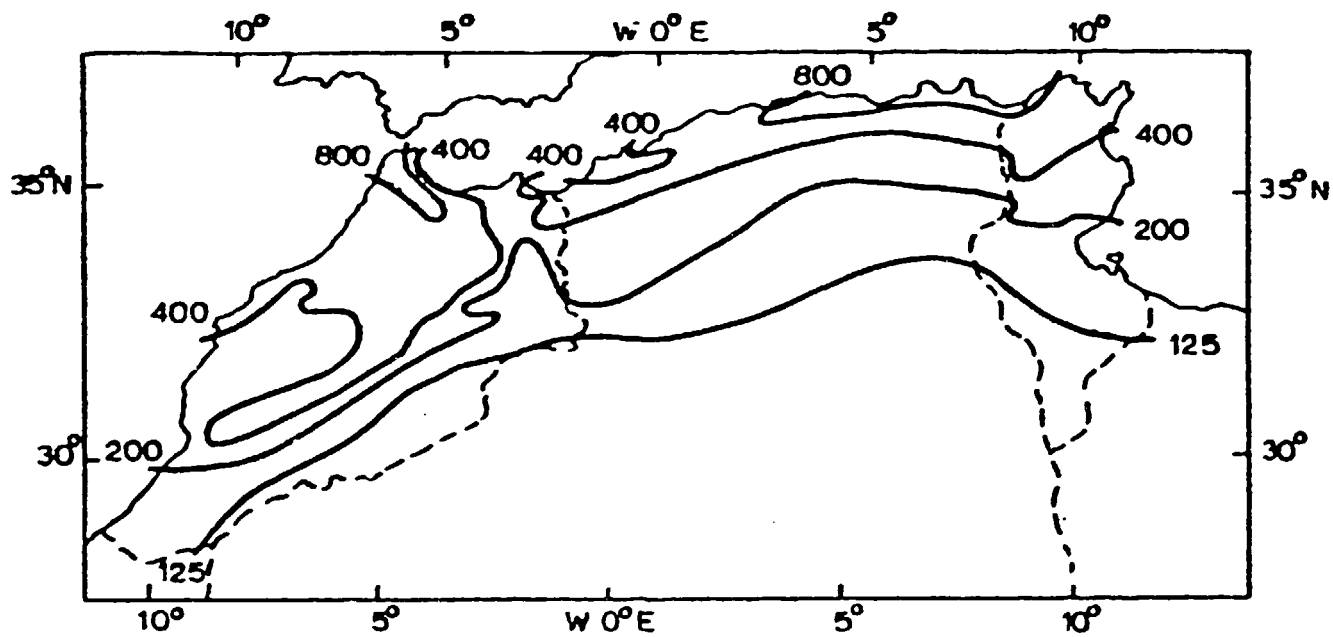
d'après NISEN A (6)

Insolation hivernale (octobre-mars) en heures



d'après LANDSBERG (11)

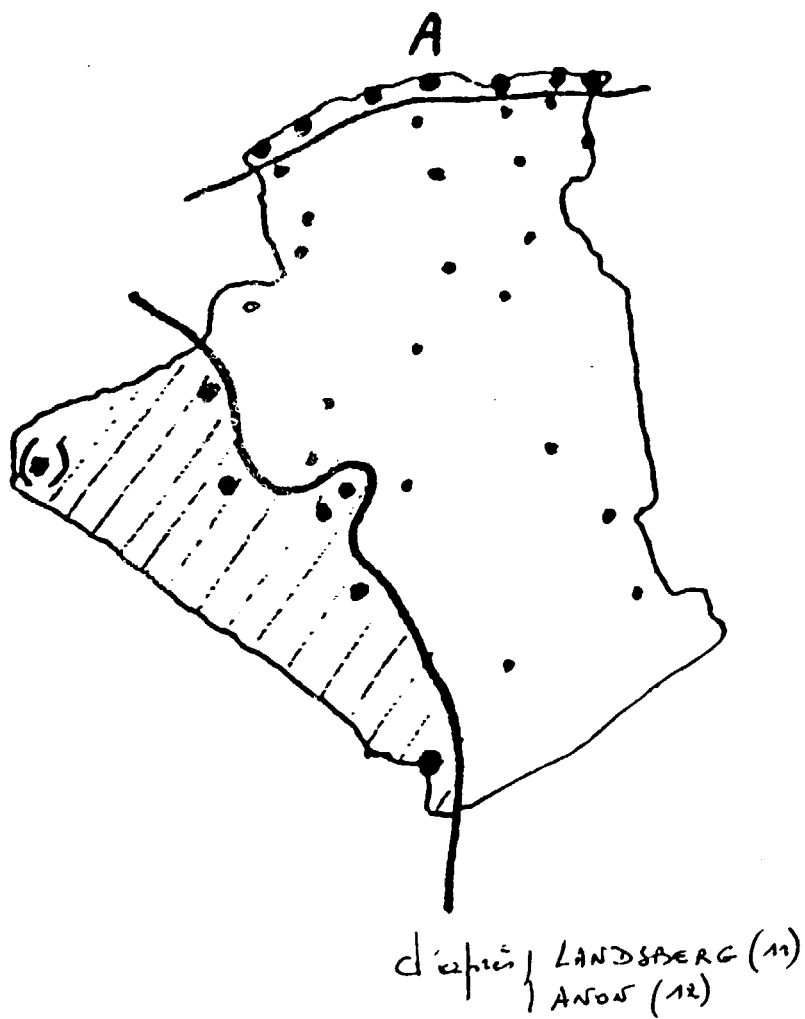
Précipitations annuelles (mm)



d'après LANDSBERG (11)

Température minimale du mois le plus froid (m)

$$T_m \geq 7$$



2. Choix de sites favorables

(Exemple Algérie)

La zone littorale de l'Algérie reçoit des insolationns allant de 900 à 1200 h d'octobre à mars. On retrouve 1170 h à Oran et on dépasse difficilement 1000h à Alger (1040) tandis qu'à Annaba, on reste sous le niveau des 900 h (335h).

Le niveau des 900 heures d'ensoleillement nécessaire pour rencontrer les besoins minima d'insolation requis par la culture des plantes exigeantes en lumière est donc atteint. Un certain manque de lumière peut néanmoins se faire sentir sous serre, au cours des mois les plus sombres.

Cependant, le niveau de 1100 h pendant la période d'octobre à mars, et la température minimale moyenne du mois le plus froid égale à 7° C. assurant un minimum d' "effet de serre" et autorisant une culture hors saison satisfaisante de tomate ou de concombre ne sont atteints que dans la région d'Oran. Quelques accidents y sont encore possibles notamment sous couverture simple.

Au centre (Biskra, Laghouat, Bechar, El Golea), la quantité de lumière reçue est nettement suffisante (1400 heures ou plus) mais la température minimale est trop faible (risque fréquent de gel en décembre, janvier et février), obligeant, dans ces régions, à recourir au chauffage nocturne. De plus, les maxima de température diurne imposeraient une ventilation dynamique, voire un cooling-système.

Au sud-ouest, (Tabelbala, Bou-bernous, Aoulef, Reggan, et Tin-Zouatène, (et Tindouf !)), il ne gèle pratiquement jamais (m égal ou supérieur à 7°C) et l'ensoleillement est très important (de plus de 1400 heures d'octobre à mars). La nuit, les températures minimales imposent une protection des cultures par des abris tandis que, le jour, les températures maximales très élevées et l'humidité relative

de l'air très basse imposent alors de recourir à l'ombrage, à la ventilation dynamique et au cooling-système, techniques requerrant la présence d'eau en quantité et d'électricité.

Comme le montre également une autre approche du choix basée sur le Coefficient d'Emberger et la classification climatique de Sauvage (*) seule la région d'Oran est susceptible d'accueillir une production légumière hivernale en Algérie.

3. Améliorations possibles

Les variations climatiques locales à l'intérieur des régions (microclimats) doivent être examinées quand on choisit les sites d'implantation de cultures protégées, et la culture protégée est d'autant plus un problème de microclimats que le mésoclimat apparaît limitant. Des relevés des caractéristiques climatiques, plus nombreux et dans tout le pays, sont nécessaires pour améliorer les cartes que nous venons de présenter.

L'orientation (E-O) des serres peut permettre une certaine amélioration du bilan thermique des serres, mais celui-ci est atteint au détriment de l'homogénéité de la production.

La nature des résines, des stabilisateurs et des charges utilisées dans la fabrication des films influence naturellement la modification du climat naturel par les serres. Les films de polyéthylènes peuvent être classés par ordre de performance croissante:

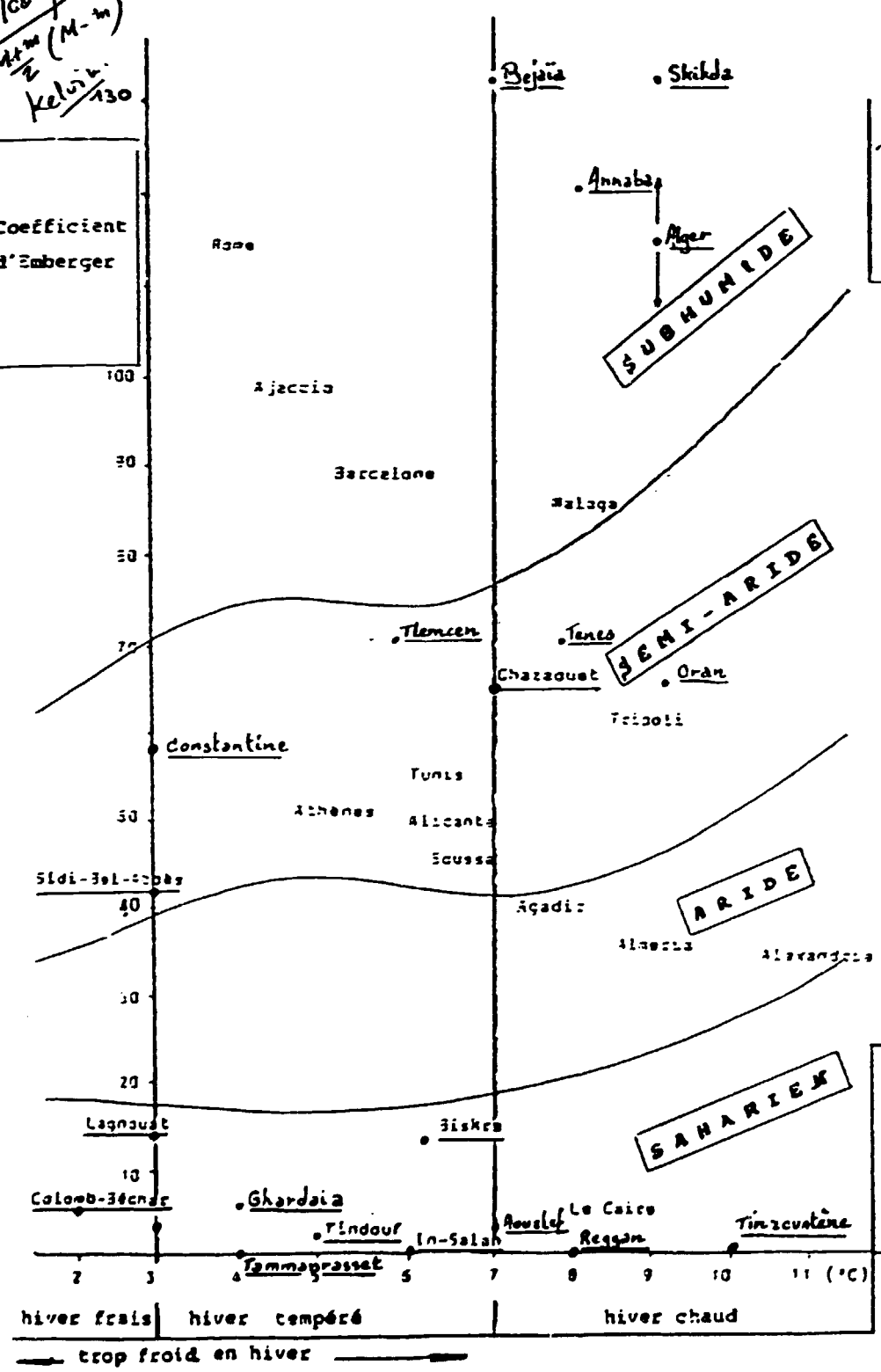
1. les polyéthylènes "ordinaires",
2. les polyéthylènes vinyle-acétate (EVA),
3. les polyéthylènes infra-rouge,
4. les polyéthylènes thermiques ou EVA chargés,
5. les polyéthylènes co-extrudés.

Identification des climats optima pour la culture protégée d'hiver, sur base du Coefficient Pluviothermique d'EMBERGER, de la classification des climats selon SAUVAGE

$$E = \frac{1000 P}{M \cdot m (M - m)}$$

Kelvin / 130

Coefficient d'Emberger



Risque de manque d'insolation en hiver pour un effet de serre suffisant

ZONES OPTIMALES

Risque d'excès de température et d'ETP

moenne des minima du mois le plus froid

d'après SIRJACAS M (10)

11

Il nous semble dès lors logique de conseiller l'utilisation d'un film d'autant plus performant (effet de serre) que les conditions de climat s'éloignent de l'optimum imposé par les exigences des plantes ~~et présentées ci-avant~~.

Par contre, l'usage de films performants ne se justifie pas si, au préalable, la serre n'a pas été rendue complètement étanche et, de plus, l'utilisation d'un film performant risque d'augmenter exagérément, dans certaines régions, les températures maximales diurnes aussi bien hivernales qu'estivales.

Le doublage de la couverture peut permettre d'augmenter la température nocturne au niveau des plantes, cependant, le second film doit être solidaire du premier pour éviter le passage de l'air entre les deux films (effet de cheminée). De plus, la diminution de l'énergie solaire reçue au niveau des plantes, l'augmentation de la température maximale diurne et de l'humidité relative sont alors des facteurs limitants, qui conduisent souvent au rejet de cette technique.

En cas de températures nocturnes vraiment trop basses, le chauffage doit être prévu, d'une puissance de 100 à 150 kcal/m². Il représente cependant un investissement important, pouvant compromettre la rentabilité des cultures face à celles d'autres régions méditerranéennes plus favorisées par leur climat naturel.

Bibliographie

1. Anon. Cultures protégées en climat méditerranéen.
Etude FAO Production végétale et protection des plantes
n° 90 ,1988, 317p.
2. SIRJACOBS M. Les climats caractéristiques des zones
primeurs. Stage "Les abri-serres au Maroc"- Institut
agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, 1979.
3. SIRJACOBS M. Les cultures protégées au Maroc. Choix
de régions climatiquement favorables. Journées d'études
"Cultures protégées au Maroc", I.A.V.H. II, Complexe
d'Agadir, Maroc, 1986, 9p.
4. NISEN A. et al. Protected cultivation in the mediter-
ranean climate. Greenhouses in Egypt. FAO leaflets, 1988.
5. NISEN A. et al. Protected cultivation in the mediter-
ranean climate. Greenhouses in Syria. FAO leaflets, 1988.
6. NISEN A. Eclaircissement naturel des serres.
Gembloux, Ed. Presses agronomiques, 1972, 200p.
7. MAGEIN H. et NISEN A. Relation entre insolation
hivernale et possibilité de cultiver sous abri.
Gembloux, Journée d'agrométéorologie, avril 1990
8. KLAPWIJK D. Effects of season on early tomato growth and
development rates. Neth. J. Agric. Sc., 1981, XXIX,
179-188.
9. VAN DE VELDE R. Amélioration des cultures maraîchères
au sahel tunisien. Publ. agricoles n°6, Projet station
d'appui du Nebhana, S.A.N., 1988, 230 p.

.../...

10. SIRJACOES M. Pilotage de l'irrigation localisée de cultures protégées en régions méditerranéennes: Recherches de technologies appropriées. Thèse, Fac. Sc. Agron. Gembloux, 1988.
11. LANDSBERG H.E. World survey of Climatology. Vol 10. Climates of Africa. ED Elsevier, Amsterdam, 1972, 604p.
12. ANON. Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world. Part 2. Her Majesty Stationnery Office, London, 1958, 53p.