

Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II
Département d'horticulture
(Prof. Ahmed SKIREDJ)

Principes de la construction des serres
Matériaux, Aération, Echanges d'air et cas réels de
problèmes

I- Introduction: Le Maroc a, actuellement, plus de 6.000 ha d'abris serres, avec environ 50 % de serres bananières et 50 % d'abris serres maraîchers (serres canariennes et grands tunnels plastiques). En 1972, il n'y avait pas plus d'1 ha de tunnels delta Sept en expérimentation sur tomate. La serre est rapidement devenue un outil indispensable de production de contre saison, nécessaire pour exploiter la période favorable aux exportations des légumes marocains en Europe, en général, et en France, en particulier. L'installation d'un abri serre obéit à des règles; il importe de les rappeler.

II- Rappel des règles d'installation des serres:

A- Choix d'un site favorable:

* La région d'installation des serres doit être choisie en fonction de deux paramètres climatiques: la température moyenne des minima du mois le plus froid doit être de l'ordre de 7 °C et plus. La durée d'insolation de la période froide de l'année (Octobre à Mars) doit dépasser 900 heures.

* Une fois la région et l'exploitation sont choisies, le terrain doit obéir aussi à des règles: il doit être ensoleillé, plat, abrité contre le vent violent, le sol doit être sain (sans nématodes, en particulier) et l'eau d'irrigation doit être suffisante et de bonne qualité.

B- Caractéristiques d'une exploitation favorable à l'installation des serres: L'exploitation doit être accessible, proche d'un marché pour l'écoulement des produits, disposant d'infrastructure nécessaire à l'approvisionnement en intrants et au conditionnement des produits; l'exploitant doit disposer de trésorerie suffisante pour couvrir les charges culturelles. Il doit également être compétent dans la gestion des cultures protégées ou être assisté par un gérant compétent et une main d'oeuvre qualifiée.

III- Choix du type d'abri serre adapté et conception de construction des serres: Le choix du dispositif de protection des cultures doit prendre en considération les caractéristiques suivantes:

- * Résistance au vent; la structure doit être solide.
- * Effet de serre élevé et bonne étanchéité à la fermeture (réduction maximale des déperditions calorifiques pendant les longues nuits froides de l'hiver).
- * Faible encombrement par la charpente et grande transmission lumineuse.
- * Facilité de placement du plastique et du renouvellement de ce placement (la fixation doit être solide; la tension doit être efficace afin d'éviter le flottement du film plastique et sa déchirure).
- * Facilité d'aération et rapidité de renouvellement de l'air de la serre (manipulations faciles d'ouverture et de fermeture des portes et parois de la serre).
- * Couverture d'une surface suffisamment élevée afin d'économiser les matériaux de construction et de permettre la mécanisation dans la serre; les parois latérales doivent également être hautes et le nombre d'éléments de construction à l'intérieur de l'abri doit permettre une circulation facile des engins de mécanisation.

- * L'eau des pluies doit être éliminée par des gouttières afin d'éviter sa chute sur les plantes et de réduire l'humidité relative à l'intérieur de la serre. Le film plastique doit être de qualité anti-goutte (anti-drop) et le toit doit avoir une pente suffisante pour permettre l'évacuation des eaux des pluies.
- * Le coût doit être modéré pour la construction et pour l'entretien.

Tenant compte de ces règles, le serriste se trouve devant une grande diversité d'abris serres, utilisés généralement dans les mêmes conditions de sol et de climat! Le serriste doit donc faire son choix en fonction de la conformité de ces abris (mis à sa disposition) à ces exigences; le coût reste en fin de compte le dernier filtre pour son choix.

IV- Diversité d'abris serres au Maroc: Au Maroc, on trouve différents types d'abris serres plastiques:

- * **Le tunnel bas:** tunnel nantais et bâche à plat; le plastique de couverture peut être perforé, à perforation progressive avec l'avancement du cycle de la culture; il peut être à simple feuillet ou à double feuillet plastique sans perforation.
- * **Le grand tunnel:** exemples delta 9, Socodam, Bastana, Massa, Filclair, Chaabi, Horti-serre, Inter-serre...etc. Ces tunnels sont toujours fonctionnels.
- * **La serre canarienne maraîchère:** avec 3-4 m de haut et des dimensions différentes afin de couvrir des superficies de plus ou de moins d'un ha et de diverses formes de terrain.
- * **La serre multichapelles métallique:** type Tombarello, Staim, Richel, Delta...etc.

En Europe, on retrouve ces types d'abris serres et d'autres types de serres, à couverture en verre, à différentes chapelles, symétriques ou asymétriques, fixes ou mobiles

(Warenwies, en Belgique). On trouve la forme de bichapelles hémicylindriques en Turquie et en Chypre; la forme Immeuble à différents étages en Belgique... En Israël, on trouve le toit de tente et la bichapelle en shed... Différents accessoires de construction accompagnent la serre: écrans thermiques, filet d'ombrage, nébulisation, systèmes de régulation, station météorologique, programmeur de fertigation..etc.

V- Matériaux nécessaires pour la construction des serres et coûts relatifs des intrants:

* Serres métalliques :

+ Tunnels delta 9 et Socodam: la charpente pèse près de 23-24 T d'acier, 3-3,5 T de fil de fer; le plastique de couverture: 2,5-3 T (selon son épaisseur 180 à 200 microns,).

+ Serres bananières: ++ delta 36 (32,5 T d'acier et 3 T de plastique), pas de fil de fer.

++ delta 16: 22,5 T d'acier et 3 t de plastique.

++ Inter-serre: 27 T d'acier et 1,5 T de fil de fer. (+ 3 t de plastique).

++ Chaabi : 23 T d'acier et 3 T de plastique.

* serres en bois: 40 t de bois + 10 T de fil de fer de différentes épaisseurs et 3,5 T de plastique.

* Les coûts comparatifs de la main d'oeuvre, du plastique, du fil de fer et de bois entre un ha de serres maraîchères et de serres bananières sont les suivants:

Coûts des intrants relatifs au coût total d'une serre bananière

Serres canariennes (bois)	bois (% du total)	fil de fer	Main d'oeuvre	plastique	Total
maraîchères (3,5 m haut)	12	31	15	15	73
bananières (6 m)	17	40	12	31	100

* Le coût d'une serre maraîchère est donc de l'ordre de 73 % de celui d'une serre bananière.

* La construction de la charpente d'une serre canarienne maraîchère (de 3,2 m de haut) demande les matériaux suivants:

a. les socles:

* Pour les sols lourds, on utilise la forme tronconique sur le pourtour et la forme à tronc pyramide, de plus petites dimensions, à l'intérieur de la serre.

* Pour les sols moyens et légers, on utilise la forme à tronc pyramide sur le pourtour et à l'intérieur de la serre.

* La composition du mélange de construction est la suivante:

+ 2 brouettes de gros gravier,

+ 2 brouettes de gravier fin,

+ 2 brouettes de sable,

+ et 2 sacs de ciment 45.

* Ce mélange est coulé dans deux types de moules (socles de forme tronconique et socles de forme à tronc pyramide).

b. Poteaux en bois: En Eucalyptus, ils doivent être droits, secs et sans fentes. Ce sont les éléments essentiels de la charpente et supportant les mailles de fil de fer et la couverture plastique. Les poteaux du pourtour sont plus gros et font 2,7 m de long et un diamètre de 12-14 cm. Les poteaux de l'intérieur ont un diamètre de 10-12 cm et une longueur de 3,2 m.

c. Fil de fer: Le fil de fer doit être galvanisé, de différentes sections:

Numéro	Diamètre (mm)	Poids de 100 m de long (en kg)
8	1,3	1
12	1,8	2
16	2,7	4,5
18	3,4	7,1
21	4,9	14,8

d. Couverture plastique: Le film plastique doit être thermique (effet de serre élevé), d'épaisseur 180-220 microns, de 4,2 m de large et différentes longueurs selon celle de la serre à couvrir ; une serre de 100 m de long demande 110 m de longueur de plastique). Ce dernier est maintenu entre les deux mailles de fil de fer qui le prennent en sandwich.

e. Outillage nécessaire:

- * Barres à mine de 2 m , avec un bout taillé en biseau pour creuser et l'autre bout taillé plat pour enfoncer les pierres et galets d'ancrage.
- * Scies et petites haches pour la confection des entailles sur les poteaux.
- * Outillage de serrage et ancrage de fil de fer.

VI- Etapes de construction:

- * Traçage et piquetage de la parcelle:
 - + 2 m entre poteaux dans les deux sens de longueur et de largeur.
 - + 2 m entre poteaux de l'intérieur sur une même ligne.
 - + 8 m entre lignes des poteaux de l'intérieur.
 - + 8 m entre deux rangées de gouttières.
 - + 2 m entre 2 anses de gouttières sur une même ligne.
- * Sur le pourtour de la parcelle tracée, on place de petits roseaux selon l'espacement convenu (2 m, par exemple) pour désigner les trous d'ancrage. Pour chacun des poteaux des coins, on prévoit deux trous d'ancrage supplémentaires à 70-80 cm de l'angle. Ensuite, on procède au piquetage de l'emplacement des socles du pourtour.
- * Confection de fil de fer d'ancrage: on torsade 3 fil de fer n° 21, de 5 m de long (afin d'avoir une bonne résistance). On les attache sur un grand galet de 25 cm de diamètre, sur lequel on aurait effectué une entaille pour une meilleure fixation. On y

fixe aussi 1,5 m du fil de fer 18 pour la fixation de la maille latérale.

* Mise en place du système d'ancrage: on enfonce les galets dans les trous d'ancrage par la barre à mine et on couvre avec 3-5 autres galets (sans fil de fer), puis avec du gravier bien tassé puis avec de la terre qu'on tasse avec un poteau en bois. On répète cette opération pour tous les trous d'ancrage.

* Réalisation du système d'ancrage des chapelles: le nombre de chapelles sera déterminé en fonction de la largeur du terrain à couvrir (exemple 96 m de large/8 m de large d'une chapelle = 12 chapelles). La direction de la chapelle sera déterminée en fonction de la direction du vent dominant; il faut que la direction du vent fort soit la même que le sens de placement du plastique afin d'éviter sa déchirure. Si le problème de vent n'existe pas, il vaut mieux orienter la chapelle Nord Sud, dans le sens des lignes de plantation (afin d'avoir une homogénéité maximale de croissance et de développement des plantes). Une fois la largeur, le nombre et la direction des chapelles sont déterminés, on procède au piquetage des points d'ancrage, au creusement des trous et à la mise en place du système d'ancrage et des socles.

* Les poteaux de l'intérieur doivent être coupés à une même longueur (3,2 m par exemple) et percées à 10 cm de leur sommet (afin de permettre le passage des fils de fer).

* Placer les poteaux des coins et celles des portes.

* Tendre horizontalement 2 fils de fer 18, un au ras du sol (à attacher par le 1,5 m du 18 qui sort du trou de l'ancrage) et l'autre à la mi-hauteur de la serre. Tendre horizontalement le fil de fer 16 à 50 cm entre les premiers fils de fer 18.

* On procède ensuite à la confection des mailles de fil de fer (les mailles internes les premières) en utilisant le fil de fer 12 (à tendre verticalement).

- * Placer ensuite le plastique entre les deux mailles.
- * Installer les gouttières sur le faîte et en bas, par terre.
- * Couvrir les côtés latéraux de l'abri.
- * Confectionner la maille latérale externe.
- * Fixer la structure. Mettre en place les cordes de nylon pour l'ouverture et la fermeture des parois latérales. Confectionner les portes. Couvrir les poteaux avec un induit à base d'huile pour leur protection (badigeonner avec une solution à 4 % de sulfate de cuivre). Trouer les poteaux de l'intérieur pour le palissage (fil de fer 18).
- * Les quantités de fil de fer nécessaires à la construction (en kg) selon les dimensions des serres sont les suivantes:

Désignation	abri de 16 x 100 m2	abri de 24 x 100 m2	abri de 32 x 100 m2	abri de 40 x 100 m2
21	400	500	550	650
18	450	550	700	850
16	450	650	850	1000
12	300	400	400	500
8	10	10	10	10
total	1610	2110	2510	3010

- * Les quantités de fil de fer nécessaires pour le palissage sont:

Désignation	abri de 16 x 100 m2	abri de 24 x 100 m2	abri de 32 x 100 m2	abri de 40 x 100 m2
18	50	50	50	100
16	100	150	200	250
total général	1760	2410	2760	3360

- * Utilité des fils de fer selon leur section:

+ Le fil de fer 21: ancrage, renforcement de l'ancrage, gouttières.

+ Le fil de fer 18: c'est pour joindre les 4 poteaux des coins en fil de fer triplé autour du périmètre de la serre; c'est aussi pour un placement entre poteaux dans les 2 sens, en double; sur le périmètre de la maille supérieure en double; sur les deux périmètres de la maille latérale, en simple; aussi pour renforcement de l'ancrage.

+ Le fil de fer 16: pour la confection des 2 mailles dans le sens de la longueur (tous les 40 m); confection de la maille latérale dans le sens de la hauteur tous les 50 m.

+ Le fil de fer 8: liaison des 2 mailles après introduction du plastique.

VII- L'aération, en tant que partie intégrante de construction: L'aération est l'échange d'air entre l'atmosphère interne de la construction et l'atmosphère externe. Elle a pour fonctions:

* L'échange de l'oxygène et de CO₂.

* Le contrôle de la température (excès de chaleur), en faveur de la culture.

* Le contrôle de l'humidité (pour éviter les maladies).

On distingue l'aération libre et l'aération forcée ou dynamique, assurée par des ventilateurs électriques. Plus la vitesse d'aération est élevée, plus vite est la diminution de la température élevée. Cette diminution est plus importante quand l'humidité relative de l'air de l'intérieur de la serre est élevée. Pour avoir une diminution de 4 °C, sachant que la vitesse de ventilation est de 170 m³ d'air par m² de terrain couvert et par heure, et que la hauteur moyenne de la serre est de 3,2 m (2,5 m sur le côté et 4 m au milieu), le nombre de

renouvellements d'air = $170/3,2 = 52,3$ litres/h; le volume de la serre doit être renouvelé 52,3 fois/h par le ventilateur. Une aération suffisante nécessite un taux de ventilation supérieur à 50 et une vitesse de ventilation supérieure à 150 m³/m².

1. L'aération libre:

- * Utilisée dans les zones ventées.
- * Dans les zones peu ventées, il faut créer un courant d'air.
- * Orienter les lignes de plantation dans le sens du vent.
- * Pour une ventilation efficace, il faut que la surface des ouvrants soit de l'ordre de 15-25 % de la surface du sol couvert (laisser au moins 1 m entre grands tunnels à leur emplacement et 2 m entre grandes serres ou multichapelles).

2. L'aération forcée:

- * L'air est ou bien aspiré (il faut permettre sa rentrée de l'autre côté) ou bien pulsé (il faut permettre sa sortie de l'autre côté). Le nouveau air doit être frais afin de refroidir la serre. Cet air frais peut être produit par un passage à travers un matelas de refroidissement (pad cooling).
- * L'énergie électrique est nécessaire.
- * Il faut placer 1 ventilateur tous les 8-10 m de large.
- * Veiller à la bonne distribution de la température interne.
- * On peut utiliser une gaine de distribution de l'air pulsé parallèle à la direction des lignes de plantation.
- * La fermeture automatique des ouvrants est nécessaire à l'arrêt de la ventilation.
- * Exemple: Pour une ventilation de 170 m³/m².h (0,05 m³/m².seconde) et un rendement des ventilateurs de 70 %, la puissance électrique nécessaire est de $(0,05 \times 30/0,7 = 2$ Watt/m² de serre pendant la période de fonctionnement du

ventilateur). Pour une ventilation de 9 h/j, la consommation électrique est de 18 W.h/m².j. Une serre de 500 m² exige donc 9 kWh/j de ventilation. Le volume d'air nécessaire pour assurer la ventilation de ce tunnel est de 170 x 500 = 85.000 m³/h. Pour un ventilateur de capacité 25.000 m³/h, il faut donc prévoir, pour un tunnel de 500 m², la pose de 3-4 ventilateurs.

* La ventilation idéale est 1 m³ d'air/mn/m³ de volume de serre, soit 45-60 renouvellements d'air/h.

* Le meilleur système cooling est celui à pression positive (température uniforme, pas d'entrée de poussière, le ventilateur souffle l'air vers l'intérieur de la serre et traverse les filtres du matelas d'eau avant de passer dans la serre (entrée de l'air frais).

VIII- Cas du tunnel nantais:

* Le tunnel nantais est utilisé en semi forçage. Il y a divers modèles de tunnels nantais: doubles arceaux, arceaux simples, doubles feuillets plastiques, feuillets simples, avec ou sans perforations progressives avec l'avancement du cycle cultural, différentes dimensions, adaptés à différentes cultures (fraisier, haricot vert, melon, courgette, concombre, poivron...).

* Le volume interne étant faible (relativement à celui d'une grande serre), l'augmentation de la température du jour et la diminution de la température de la nuit sont rapides. Si la température du jour est de 15 °C à l'extérieur, celle de l'intérieure peut être de 30 °C. De même, si la température de nuit est de 10 °C à l'extérieur, elle peut être de 12 °C à l'intérieur si l'étanchéité est bonne ou 7-8 °C si le plastique n'est pas thermique (inversion thermique) ; il est alors recommandé d'aérer (mélange et échange d'air chaud de l'extérieur et froid de l'intérieur).

- * Les tunnels bas sont utilisés seuls ou en complémentarité avec les grands dispositifs de protection.
- * Le matin, il ne faut ouvrir le tunnel nantais qu'après échauffement de la culture.
- * L'épaisseur du plastique est généralement de l'ordre de 60-80 microns (parfois 100 microns); le besoin en plastique est de 600 kg (60 microns) à 1000 kg (100 microns).
- * L'écartement entre arceaux est fonction du vent: 0,8 m dans les zones fortement ventées et 2 m dans les zones protégées par des brise-vent.
- * Pour les longs tunnels nantais (100 m de long), on utilise le fil de fer 21 ou 22 (section 5,4 mm). Les arceaux sont de 2,5 m de long. On pratique une boucle de 3 cm de section à 20 cm de chaque extrémité de l'arceau afin de pouvoir passer la ficelle de fixation du plastique. On place deux piquets de bois à chaque bout du tunnel pour faciliter la tension du plastique et augmenter la solidité du tunnel.
- * L'orientation est dans le sens du vent s'il y a un vent fort dominant. Si le terrain est protégé par des brise vent, il vaut mieux orienter le tunnel Nord-Sud.

IX- Actions du vent et cas réels de dégâts: Le vent présente des actions de renversement (existence de moments de force de soulèvement sur un côté et d'écrasement sur l'autre côté). Les tubes de 6 mm de section (pour une charpente métallique) ne supportent pas plus de 100 kgm (kilogramme-mètres) de moment de force de flexion alors que les barres peuvent être soumises à des efforts de 200 kgm si les travées sont espacées de 4 m (il est donc recommandé d'avoir 2 m entre poteaux, pas plus). Les barres horizontales sont soumises à ces efforts (pas les barres verticales). La serre en bois supporte bien ces charges qui sont distribuées sur les différents fils de fer placés horizontalement (la serre canarienne est plus résistante au vent

que la serre métallique). Le vent présente aussi des actions d'entraînement, la serre est ou bien tirée ou bien poussée.

L'ensemble de la structure est soumis à des forces de différentes sortes; les poteaux externes sont poussés; il importe de les renforcer par des croissions, particulièrement près des portes (moments de forces de l'ordre de 600 kgm). Un vent de 100 km/h provoque un effort de soulèvement de l'ordre de 220 T/ha sur l'ensemble de la serre (il faut donc prévoir un système d'ancrage efficace). La contrainte à laquelle les fils de fer sont soumis peut être de 6,5 kg/mm². Pour un vent de 140 km/h, cette contrainte devient 20 kg/mm². L'effort de soulèvement devient 240 T/ha. La serre canarienne supporte bien ces contraintes (l'ancrage de 2 m de profondeur) est largement suffisant. Le bois est bien résistant. Par contre, la serre métallique présente souvent des anomalies de résistance au vent. Les structures légères (relativement économiques) sont à éviter; la serre delta 24 par exemple est une calamité de construction! Au moindre coup de vent, le plastique se déchire, les courbes du haut s'inclinent et tombent, la serre ouverte par le haut se trouve soumise à différentes contraintes de soulèvement (dès qu'une partie du plastique est déchirée, tout le reste de plastique la suit) et de flexion (les barres torsadent et la serre n'a plus de solidité); la culture n'est plus protégée; les frais culturels deviennent difficilement valorisables...etc.

* En cas de diagnostic, il faut prendre en considération:

- + La position de la serre (voir si la zone est de turbulence),
- + La présence ou l'absence de brise-vent, le sens de déformation des barres (si torsadées, alors efforts non supportés par la charpente actuelle, il faut la renforcer par des croissions),

+ Le détachement des éléments de la serre (si la serre ne résiste pas comme un ensemble uni; il faut prévoir des vis d'attachement), .si les vis de scellement se désancrent des socles de béton ou cassent, il faut prévoir un renforcement par des fils de fer; renforcer l'ancrage...).

Il est intéressant de voir le premier endroit de faible résistance, par lequel les dégâts ont commencé; sa réparation résoudra le problème puisque ce premier endroit constitue, en général, le maillon faible de la chaîne et peut être le point de départ de la déstabilisation de la serre.