

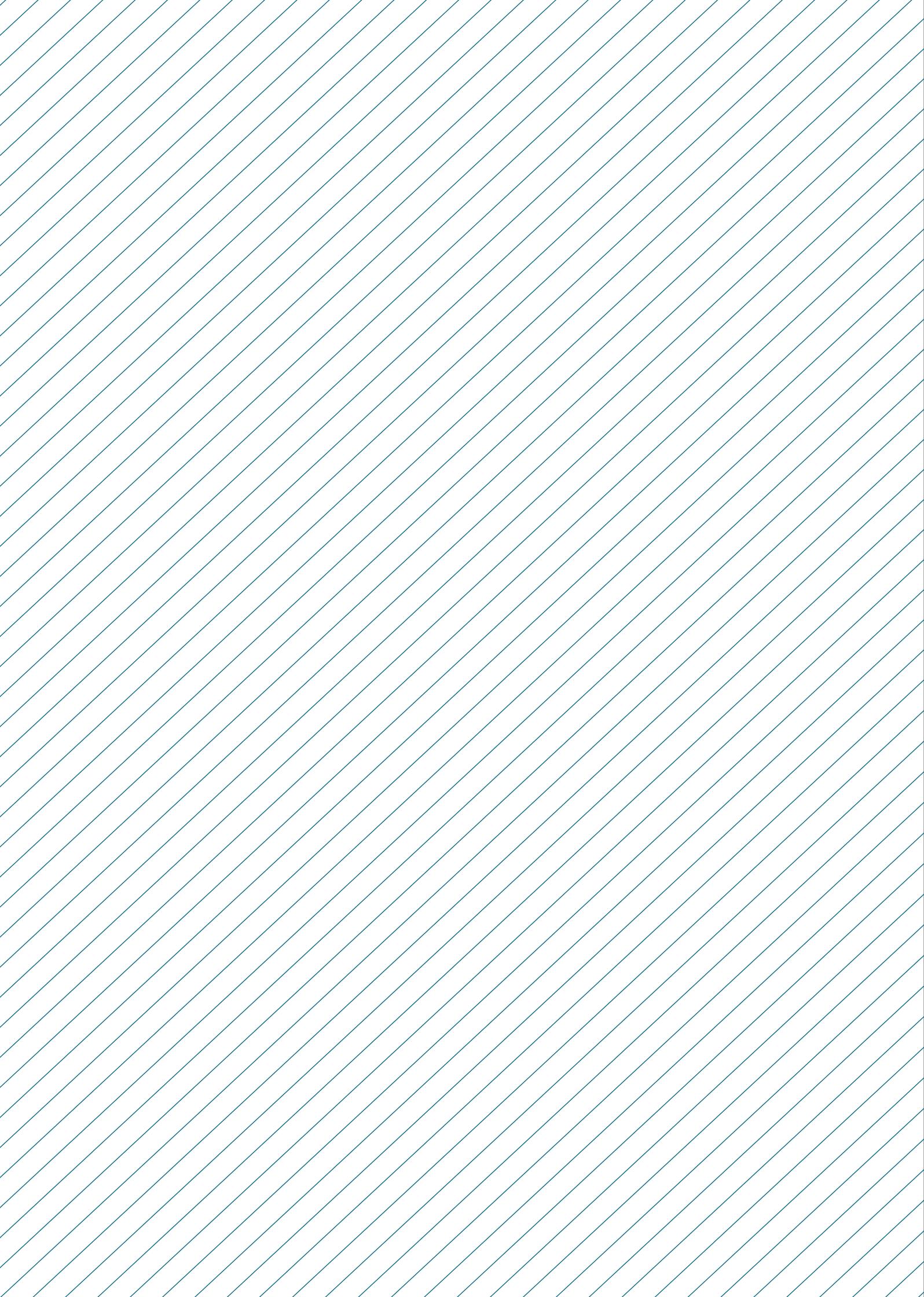
# GUIDE DE CONCEPTION D'UNE SERRE BIOCLIMATIQUE

---



Soutenu  
par





# SOMMAIRE

DÉCEMBRE 2020

<b>1</b>	<b>OBJECTIF DU GUIDE</b>	<b>p.4</b>
<b>2</b>	<b>POURQUOI UNE SERRE BIOCLIMATIQUE ?</b>	<b>p.4</b>
<b>3</b>	<b>PRINCIPE D'UNE SERRE BIOCLIMATIQUE</b>	<b>p.4</b>
<b>4</b>	<b>ÉTUDE DE FAISABILITÉ</b>	<b>p.5</b>
	4.1 LE PROJET AGRICOLE	p.5
	4.2 LES DIFFÉRENTS MODÈLES	p.5
	4.3 VALIDATION DU SITE DE CONSTRUCTION	p.6
<b>5</b>	<b>TABLEAU D'AIDE À LA CONCEPTION</b>	<b>p.7</b>
<b>6</b>	<b>CONCEPTION</b>	<b>p.8</b>
	6.1 RÉGLEMENTATION	p.8
	6.2 ORIENTATION	p.8
	6.3 STRUCTURE	p.8
	6.4 MASSE THERMIQUE	p.9
	6.5 COUVERTURE	p.9
	6.6 ÉCRAN THERMIQUE	p.10
	6.7 VENTILATION	p.11
<b>7</b>	<b>CONSTRUCTION</b>	<b>p.12</b>
	7.1 STRUCTURE ET COUVERTURE	p.12
	7.2 ÉCRAN THERMIQUE	p.13
	7.3 MASSE THERMIQUE	p.13
<b>8</b>	<b>SUIVI DES PERFORMANCES</b>	<b>p.14</b>
<b>9</b>	<b>ANALYSE DES PERFORMANCES DES 7 PILOTES</b>	<b>p.14</b>
	9.1 PERFORMANCES THERMIQUES	p.14
	9.2 PERFORMANCES AGRONOMIQUES ET ÉCONOMIQUES	p.15
<b>10</b>	<b>RETOURS D'EXPÉRIENCE : LES SERRES PILOTES DE PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR</b>	<b>p.16</b>

# 1 OBJECTIF DU GUIDE

**Ce guide a été réalisé pour répondre aux interrogations des agriculteurs. Il vise à aider l'exploitant à la fois dans la conception de sa serre mais également dans sa construction.**

Pour cela, il fournit un éclairage sur les différentes caractéristiques techniques de chaque type de serre et des matériaux. Il est basé sur le retour d'expérience des 7 serres bioclimatiques construites dans le cadre d'un projet pilote conduit en région Provence-Alpes-Côte d'Azur de 2016 à 2020 par le Geres, Agrithermic et le GRAB. Il ne se substitue pas aux conseils d'experts, notamment pour des situations non décrites dans ce guide, mais vise à apporter des premiers éléments de réponses.

Dans un premier temps, sont rappelés les avantages d'une serre bioclimatique et son principe de fonctionnement. Puis l'étude de faisabilité du projet est expliquée, avec un tableau d'aide à la décision comparant différents types de serre bioclimatique. Ensuite, les éléments essentiels pour la conception des serres sont présentés, ainsi que des indications et conseils pour la construction.

Enfin, les 7 serres bioclimatiques pilotes, implantées en Provence-Alpes Côte d'Azur sous différentes conditions climatiques, sont décrites sous forme de fiches.

# 2 POURQUOI UNE SERRE BIOCLIMATIQUE ?

La serre bioclimatique stocke l'énergie solaire durant la journée et la restitue durant la nuit. Elle assure des températures nocturnes nettement supérieures à celles que permet une serre « classique », ce qui garantit une production sécurisée à des périodes gélives (novembre à avril), sans (ou avec peu) d'énergie. Cette production concerne notamment les plants de solanacées et cucurbitacées (tomate, aubergine, poivron, concombre, melon, courgette), particulièrement exigeants en chaleur.

Le temps de retour sur investissement est dépendant du modèle choisi et des ressources (humaines, financières, matérielles ...) disponibles. Les projets étudiés montrent que ce retour sur investissement est compris entre 1 à 5 ans.

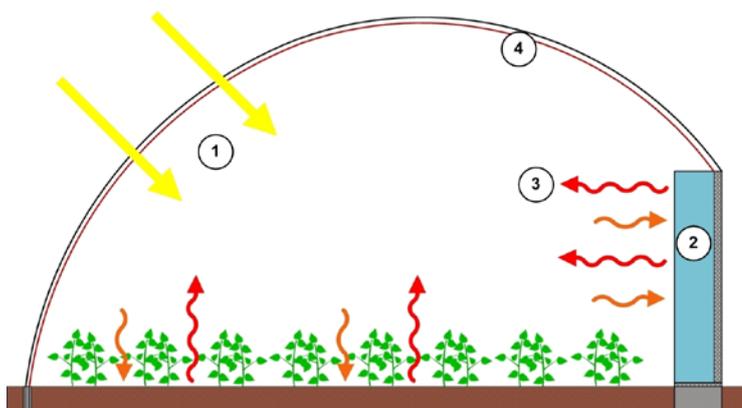
# 3 PRINCIPE D'UNE SERRE BIOCLIMATIQUE



## UNE SERRE BIOCLIMATIQUE

### FONCTIONNE DE LA FAÇON SUIVANTE

- 1 L'énergie solaire est captée la journée à travers la face sud (rayon direct du soleil sur la masse thermique et captage de la chaleur de l'air).
- 2 Elle est stockée par la masse thermique constituée de matériaux lourds : solides (pierres, briques, parpaings...) ou eau contenue dans des fûts ou des bidons.
- 3 Elle est restituée la nuit ou en journée lors des séquences nuageuses.
- 4 L'ensemble est isolé pour réduire les pertes thermiques.



> Fonctionnement d'une serre bioclimatique

## CE FONCTIONNEMENT PERMET DE GARANTIR UNE EFFICACITÉ CERTAINE :

En cas de journées nuageuses ou nuits froides, la capacité thermique des matériaux lourds permet à la serre de rester efficace pendant quelques jours. De plus, les nuits les plus froides sont des nuits claires, généralement précédées de journées ensoleillées, ce qui permet à la masse thermique de s'être « chargée ».

En été, une serre bioclimatique n'est pas plus chaude qu'une serre classique. Au contraire, les campagnes de mesures montrent qu'elle est plus fraîche lorsque la masse thermique est ombragée la journée. De plus, la ventilation nocturne permet de refroidir cette masse thermique.

## 4 ÉTUDE DE FAISABILITÉ



### 4.1 LE PROJET AGRICOLE

**Pour bien définir un projet de serre bioclimatique il faut répondre aux questions suivantes :**

- Quel usage recherché ? Production de plants et/ou culture de légumes ?
- Quelles sont les périodes principales d'utilisation souhaitées ?
- Quel est le climat du lieu d'implantation ?
- Quelle surface occupera la serre ?
- Quelle orientation et quel taux d'ensoleillement l'emplacement permet-il ?
- Quelles ressources sont disponibles pour la construction (main d'oeuvre, budget, compétences, matériaux) ?
- Autres besoins (exemple : stockage de matériel pour la production de plants) ?

**À PARTIR DE CES INFORMATIONS, IL EST POSSIBLE DE DÉTERMINER**

**QUEL MODÈLE DE SERRE BIOCLIMATIQUE EST LE PLUS ADAPTÉ AU PROJET AGRICOLE.**

### 4.2 DIFFÉRENTS MODÈLES

**Deux grandes catégories existent : les serres en dur type « 3 murs » et les serres légères type tunnel ou multi-chapelle. Un modèle mixte a été expérimenté.**

Dans le cadre du projet, 7 serres bioclimatiques ont été mises en place selon 6 modèles différents :

- **SERRES EN DUR TYPE « 3 MURS »**
  - 1 - Serre 3 murs avec fûts d'eau
  - 2 - Serre 3 murs avec mur nord porteur/stockeur
- **SERRES LÉGÈRES TYPE TUNNEL OU MULTI-CHAPELLE**
  - 3 - Serre tunnel avec mur en fûts d'eau
  - 4 - Serre tunnel avec bidons d'eau sous tablette
  - 5 - Serre multi-chapelle cloisonnée avec mur en fûts d'eau
- **SERRE MIXTE**
  - 6 - Serre tunnel avec un mur et des fûts d'eau

Les projets agricoles de ces 7 serres pilotes ont pour vocation la production de plants maraîchers ; certains exploitants réalisent en complément une production de légumes lorsque l'espace disponible et l'agencement de la serre le permet.



## LES SERRES EN DUR TYPE « 3 MURS »

La face sud est transparente, la face nord est un mur constitué d'une masse thermique isolée thermiquement de l'extérieur. L'hiver, en journée, le soleil tape directement sur la masse thermique qui emmagasine l'énergie par rayonnement sous forme de chaleur.

La culture dans ces serres se fait au sol ou sur tablettes.



> Exemple de serre 3 murs avec mur porteur/stockeur



> Exemple de serre 3 murs avec fûts d'eau

## LES SERRES TUNNELS OU MULTI-CHAPELLES AVEC MUR THERMIQUE EN FÛTS D'EAU

Ce modèle impose une orientation est-ouest de la serre, contrairement au précédent « 3 murs ». Le mur de masse thermique, composé de fûts d'eau verticaux, doit être isolé thermiquement et placé au nord de la serre.

Des écrans thermiques mobiles ou des doubles parois gonflables peuvent être installés pour le toit et la face sud. Ils aident à réduire les pertes thermiques.

Ces serres permettent une culture au sol ou sur tablettes.



> Exemple de serre multi-chapelle avec mur en fûts d'eau

## LES SERRES TUNNELS OU MULTI-CHAPELLES AVEC BIDONS D'EAU SOUS TABLETTE

Ce modèle est efficace quelles que soient l'orientation et la largeur de la serre. Il est le seul adapté aux serres orientées nord-sud. La masse thermique est composée de bidons d'eau, placés horizontalement sous les tablettes. Comme les autres serres tunnels, l'isolation thermique est assurée par des doubles parois gonflables ou des écrans thermiques.

Il peut être également accompagné d'un système de ventilation sous gaines afin de favoriser l'échange de chaleur entre le haut et le bas de la serre où sont stockés les bidons.

Cette solution, adaptée aux serres tunnels, ne permet que des **cultures sur tablettes** (culture au sol impossible).



> Exemple de serre tunnel avec stockage de chaleur sous tablette

## 4.3 VALIDATION DU SITE DE CONSTRUCTION

Il est nécessaire de se rendre sur le site du projet pour choisir l'emplacement. Cette étape permet de se rendre compte des particularités du terrain et d'adapter au mieux le modèle choisi.

### LE SITE DOIT SATISFAIRE PLUSIEURS CRITÈRES :

- Il ne doit pas être trop humide, et de façon plus générale être propice à la culture.
- Il doit satisfaire les besoins d'orientation du modèle de serre.
- Il doit recevoir au moins 6 heures de soleil par jour en janvier, et ne doit pas comporter de masque solaire.

Dans cette phase, il faut aussi définir quelles sont les ressources humaines, techniques et financières à prévoir pour mener à bien la construction. Une fois tous ces critères validés, la conception de la serre peut commencer.

Le tableau suivant est un tableau d'aide à la conception. Il a été construit avec les données et l'expérience acquise par Agrithermic, le Geres et le GRAB. Il résume toutes les informations utiles à la conception d'une serre bioclimatique, en fonction de son type (en dur ou légère).



# 5 TABLEAU D'AIDE À LA CONCEPTION

		STRUCTURE EN DUR AVEC 3 MURS		STRUCTURE LÉGÈRE TYPE TUNNEL / MULTI-CHAPELLE	
		MUR LOURD MAÇONNÉ ISOLÉ	TYPE BAC ACIER ISOLÉ	MUR AU NORD ISOLÉ AVEC FÛTS D'EAU	BIDONS D'EAU PLACÉS SOUS TABLETTES
SITE	ORIENTATION DE L'AXE DE LA SERRE	Est-ouest +/- 20°	Est-ouest +/- 20°	Est-ouest +/- 20°	Indifférente
	LARGEUR MAXIMALE (M)	9	9	9	Indifférente
	FAISABLE EN RÉNOVATION	Non	Non	Oui	Oui
	SENSIBLE AU VENT	Moyenne	Moyenne	Forte	Forte
PERFORMANCES THERMIQUES* ΔT INT/EXT	GRAND FROID NOCTURNE	15°C	15°C	10°C	9°C
	PÉRIODE FROIDE NOCTURNE	12°C	12°C	9°C	7°C
	PÉRIODE CHAUDE ESTIVALE DIURNE	-5°C	-5°C	5°C	5°C
CARACTÉRISTIQUES	GESTION DE L'HYGROMÉTRIE	Portes, ouvrants hydrauliques	Portes, ouvrants hydrauliques	Ouvertures latérales, écarteurs de laizes	Ouvertures latérales, écarteurs de laizes
	COMPÉTENCES	Bricolage, construction en bois ou métal, maçonnerie	Bricolage, construction en bois ou métal	Bricolage classique	Bricolage classique
	STRUCTURE	Charpente métallique ou bois	Charpente métallique ou bois	Arceaux ou structures métalliques	Arceaux métalliques
	MASSE THERMIQUE	Briques, pierres, parpaing, fûts	Fûts	Fûts	Bidons
	ENVELOPPE	Polycarbonate ou verre	Polycarbonate ou verre	Film plastique, écrans	Film plastique, écrans
	TEMPS DE TRAVAIL (en auto-construction)	400 heures	Entre 400 et 650 heures	Entre 65 et 350 heures	80 heures
CONSTRUCTIONS EN RÉGION PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR		<i>Lolita Guyon</i>	<i>Fabrice Hours Gérard Daumas</i>	<i>Olivier Bouge Marie Moyet (2 projets : tunnel et multi-chapelle)</i>	<i>Patricia Lenne</i>

\* Pour comparer les performances thermiques des serres, il a été choisi d'utiliser la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la serre (ΔT int/ext), à différentes périodes de l'année et de la journée.

## 6 CONCEPTION



### 6.1 RÉGLEMENTATION

Une serre est un bâtiment soumis à différentes réglementations.

Selon la surface S et la hauteur H de la serre, une déclaration ou un permis sont nécessaires à la construction :

**S > 2000 M<sup>2</sup> :**

- permis de construire

**S < 2000 M<sup>2</sup> :**

- H ≤ 1,80 m : ni permis, ni déclaration
- 1,80 m < H < 4 m : déclaration
- H > 4 m : permis de construire

#### ARTICLE \*R421-1

Certains éléments, comme la pente de la toiture de la serre, peuvent être soumis à des règles locales d'urbanisme. Il est conseillé de consulter le service technique de la mairie dès le début du projet.

### 6.2 ORIENTATION

Les serres avec une masse thermique en mur (porteur ou en fûts d'eau) doivent être orientées suivant un axe est-ouest +/- 20° pour être efficaces thermiquement, le mur accumulateur étant côté nord.

Les serres avec stockage sous tablettes, n'ont pas besoin d'orientation particulière.



**ATTENTION : DANS LA VALLÉE DU RHÔNE, LE MISTRAL, VENT NORD, IMPOSE QUE LES SERRES SOIENT ORIENTÉES SUR UN AXE NORD-SUD, SAUF DANS DES SITUATIONS GÉOGRAPHIQUES TRÈS BIEN PROTÉGÉES DU VENT.**



MUR HYDRO-ACCUMULATEUR

SERRE

<< ORIENTATION EST-OUEST >>

### 6.3 STRUCTURE

#### ■ SERRES EN DUR

Ces serres composées de matériaux lourds ne peuvent être le résultat d'une rénovation. Ces modèles impliquent une construction neuve.

Il y a 2 possibilités :

- Le mur porteur sert de masse thermique (pisé, parpaing, pierre). Un tel mur impose un chantier lourd et coûteux. Dans le cas du pisé, des analyses de sol sont aussi nécessaires.
- La masse thermique est un mur de fûts d'eau. Dans ce cas la structure est en bois ou en métal avec un bardage isolant de type bac acier isolé.



> Exemple de structure en bois

#### ■ SERRES LÉGÈRES

La rénovation est possible pour une serre type tunnel ou multi-chapelle, mais seulement si elle satisfait déjà les critères du tableau d'aide à la conception ( cf page 7 ).

## 6.4 MASSE THERMIQUE

La masse thermique permet le stockage de l'énergie sous forme de chaleur puis sa restitution.

Il existe plusieurs manières de disposer la masse thermique :

- En un mur au nord qui est directement frappé par les rayons du soleil, l'énergie est donc capturée par rayonnement.
- Sous les tablettes de culture. Les rayons ne frappent pas directement les bidons, mais par convection (mouvement d'air) les bidons stockent la chaleur de l'air ambiant. Des expérimentations au RATHO/ASTREDHOR ont montré qu'une ventilation forcée avec des ventilateurs permet d'augmenter l'énergie stockée de 30 à 50 %.



LA MASSE THERMIQUE PEUT ÊTRE CONSTITUÉE DE DIVERS MATÉRIAUX :

- Parpaing rempli de terre crue, brique, pisé, béton et pierre de couleur foncée.
- Eau dans des bidons ou dans des fûts peints en noir (pour une meilleure absorbance).

COULEUR	COEFFICIENT D'ABSORBANCE
BLANC	0.3
GRIS	0.45
VERT / ROUGE / MARRON	0.6
BLEU FONCÉ	0.75
NOIR	0.9



## 6.5 COUVERTURE

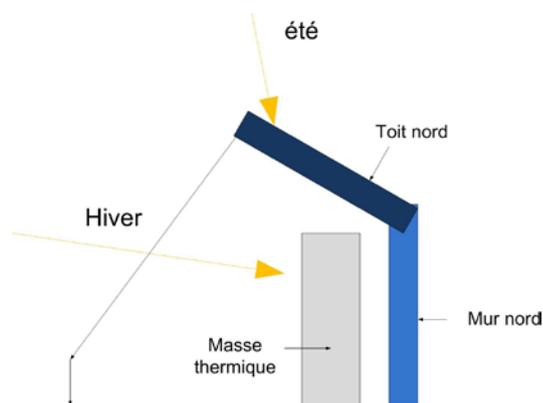
La serre est couverte par une couverture transparente, plus, pour les serres en dur, par une couverture opaque.

### ■ LA COUVERTURE OPAQUE

La couverture opaque est composée de deux parties : le toit nord (serre en dur) et le mur nord. Les deux doivent être résistants à l'humidité et bien isolés.

**L'ÉTANCHÉITÉ** est assurée par un mur en dur ou par une bâche.

**L'ISOLATION** est du côté intérieur de la paroi à l'exception du modèle en dur avec mur porteur/capteur où l'isolation doit être à l'extérieur. L'isolant peut être industriel (polystyrène) ou écologique (laine de mouton en caisson avec membrane étanche, hydrophobe et répulsive pour les souris).



La face intérieure du toit nord doit être réfléchissante, de cette manière on maximise l'ensoleillement des plantes.

Un bon positionnement du toit permet d'assurer une ombre portée suffisante sur la masse thermique pour éviter les montées en températures des bidons en période estivale (cf. schéma). Pour les serres légères (sans toit opaque), il est possible de rajouter une bâche afin de masquer les fûts pendant cette période.

## ■ LA COUVERTURE TRANSPARENTE

Il y a 2 paramètres importants pour le choix du matériau de couverture :

- Il doit être **transparent** pour laisser passer le maximum de rayons lumineux.
- Il doit être **isolant** pour réduire les déperditions thermiques.

Selon les structures choisies, plusieurs solutions sont possibles :

• **LE POLYCARBONATE ALVÉOLAIRE** est souvent un bon compromis entre **transparence et isolation thermique** pour les serres en dur. L'épaisseur conseillée est de 10mm en plaine ou moyenne montagne, et de 16mm dans les zones montagneuses ou avec un risque élevé de grêle.

• **LE VERRE** peut être utilisé pour les serres en dur ou type multi-chapelles en simple vitrage. Attention aux zones avec un fort potentiel de grêle. Les doubles vitrages sont plus performants mais plus chers et nécessitent une structure renforcée. Les panneaux de verre sont plus petits que ceux en polycarbonate alvéolaire.

• **LES FILMS EN PLASTIQUE TRANSPARENT** sont peu isolants mais ils s'adaptent à une ossature avec arc de cercle pour les serres tunnels. Ils peuvent être doublés pour améliorer la résistance thermique, mais la transmission lumineuse en sera alors diminuée.



> Exemple de couverture transparente - film plastique



> Exemple de couverture transparente - film plastique - vue intérieure

## TABLEAU DE COMPARAISON DES COUVERTURES TRANSPARENTES

	POLYCARBONATE ALVÉOLAIRE	FILM PLASTIQUE	DOUBLE FILM PLASTIQUE	VERRE
TRANSPARENCE	70 à 80 %	80 %	60 à 70 %	90 %
ISOLATION	10 mm : bonne 16 mm : excellente	Mauvaise Nécessité écran	Moyen	Mauvaise Nécessité écran
STRUCTURE	Cadre, grands panneaux	Arceaux	Arceaux	Cadre, petits carreaux
VENTILATION	Portes, carreaux avec vérins manuels/hydrauliques	Portes, ouvrants latéraux, écarteurs de laize	Portes, ouvrants latéraux	Portes, carreaux avec vérins manuels/hydrauliques
RÉSISTANCE À LA GRÊLE	10 mm : mauvaise 16 mm : bonne	Assez mauvaise	Mauvaise	Très mauvaise
DURÉE DE VIE (ANNÉE)	10	4 (renouvellement simple)	4 (renouvellement simple)	20
COÛT HORS STRUCTURE PORTEUSE (€/M²)	10 mm : 20 16 mm : 30 (avec profils)	2	4	30
AUTRES	Profils nécessaires sur la structure porteuse (voir partie construction)		Électricité nécessaire pour la turbine de gonflage	Structure porteuse renforcée nécessaire

## 6.6 ÉCRAN THERMIQUE

Les écrans thermiques permettent de réduire les pertes thermiques. Ils sont nécessaires pour les serres légères en simple paroi et les couvertures en verre simple vitrage.

**Il existe deux types d'écran, avec différentes utilisations :**

- **THERMIQUE TRANSPARENT** : il laisse passer une grande partie des rayons. Il peut être laissé fixe l'hiver mais doit être enlevé l'été pour éviter les surchauffes.
- **THERMIQUE + OMBRAGE** : il restreint le rayonnement évitant ainsi les surchauffes en journée, mais il devra être ouvert en hiver durant la journée pour éviter les pertes de lumière.



Les deux permettent à l'humidité diurne de s'échapper au-dessus de l'écran protégeant ainsi des gouttes qui tombent du plastique supérieur sur les cultures. L'écran déployé ne doit en aucun cas gêner la ventilation.

Les écrans d'ombrage existent à bandes blanches ou en aluminium. Les bandes blanches sont diffusantes, les bandes en aluminium sont de meilleurs isolants mais coûtent plus cher.

## 6.7 VENTILATION

La ventilation de la serre permet de réguler son hygrométrie et d'éviter les surchauffes. En plaine, la surface ouvrable doit être supérieure à 20 % de la surface totale au sol. En montagne, la recommandation est de 15 %.

**Selon les types de serre, il existe différentes solutions de ventilation :**

- **SERRE LÉGÈRE** : **ouvrants latéraux ou écarteurs de laize** (photo ci-contre). Les ouvrants latéraux sont plus performants mais peu recommandés dans les régions très ventées.
- **SERRE EN DUR** : **ouvrants sur vérins hydrauliques**, en haut et en bas si possible.

Dans les 2 cas, les portes sont complémentaires à la ventilation, et les serres seront blanchies en été pour limiter les températures excessives.

**Les serres bioclimatiques montent moins en température que les serres classiques en été, notamment grâce à leur masse thermique ombragée.**



# 7 CONSTRUCTION



Cette partie présente des conseils pour la construction d'une serre bioclimatique. Ces conseils sont classés par thème et par ordre logique de construction : structure, écran thermique, masse thermique.

## 7.1 STRUCTURE ET COUVERTURE

### POLYCARBONATE

**LE POLYCARBONATE EST PERMÉABLE À LA VAPEUR D'EAU.**

Pour éviter les moisissures, il faut que les plaques soient orientées de façon à ce que les alvéoles fassent circuler l'air de bas en haut.

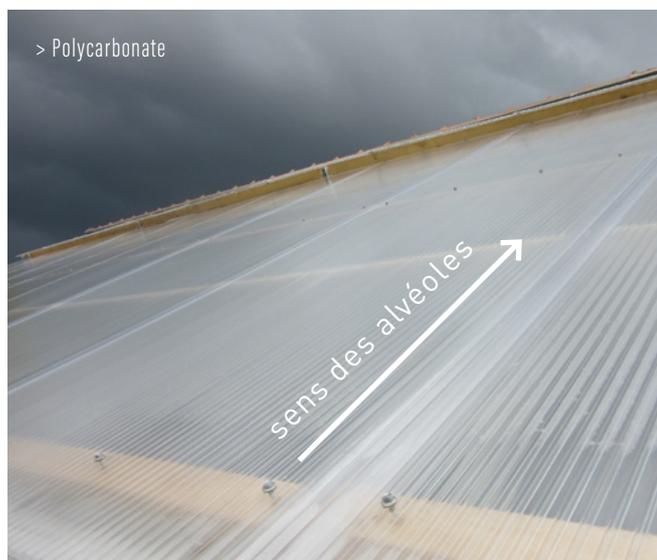
Ensuite il existe deux solutions :

1- Un scotch spécial en bas (le haut est fermé). Le scotch est micro-perforé et laisse passer l'air mais pas les insectes et les algues.

2- Le haut et le bas sont ouverts. Le haut doit être protégé afin que la pluie ne ruisselle pas à l'intérieur.



**PENSER À SUIVRE LES RECOMMANDATIONS DU CONSTRUCTEUR**



### FILM PLASTIQUE

Le film plastique doit être thermique, c'est-à-dire bloquer les infrarouges lointains, et diffusant. Il doit être posé un jour chaud et sans vent. Le côté intérieur est en général celui où il y a des inscriptions. Il doit être fixé au sol en non pas à la structure pour éviter l'envol en cas de vent.

### PROFILS ET STRUCTURE

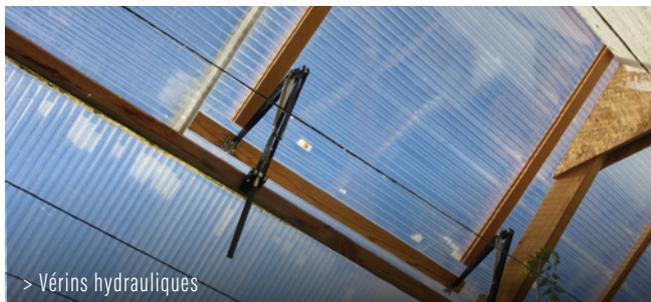
Les profils permettent d'assembler les panneaux de polycarbonate.



La structure des serres en dur peut être une charpente métallique ou en bois. Pour les serres légères, la structure est les arceaux métalliques pour la serre tunnel ou encore la structure métallique de la serre multi-chapelle.

### CADRES ET VÉRINS HYDRAULIQUES

Il faut rendre le polycarbonate rigide avec un cadre en bois. Les cadres font au maximum 1 m x 2 m. Ils sont fixés en haut et permettent l'ouverture du vérin. Il est conseillé de poser 2 à 3 vérins pour une longueur d'ouvrant de 2 m. La poussée d'un vérin hydraulique est en moyenne de 4 à 6 kg.



### ÉTANCHÉITÉ DE L'ENVELOPPE

L'étanchéité n'a pas besoin d'être parfaite, sinon la serre risque de ne pas pouvoir évacuer l'humidité vers l'extérieur. Dans le cas de serre tunnel, un sas est à prévoir entre la partie serre bioclimatique et serre classique.

## 7.2 ÉCRAN THERMIQUE

### Les écrans thermiques peuvent être horizontaux ou verticaux.

**Les écrans horizontaux** sont soutenus tous les 80 cm par des supports de culture et/ou du fil nylon (1 à 2 mm<sup>2</sup> de section). Le fil nylon est préféré à l'acier pour éviter la rouille et limiter le risque de brûlure du plastique par le métal. Le fil peut être tendu par un tendeur à vigne, mais attention, s'il est trop tendu la structure peut plier.

**Les écrans verticaux** sont installés comme des rideaux. Ils doivent être jointifs à l'écran horizontal ou en tuilage afin d'éviter l'effet de « cheminée ».



## 7.3 MASSE THERMIQUE

### MUR THERMIQUE DE FÛTS



Les fûts métalliques peuvent être d'occasion et peints en noir sur site, ou achetés peints en noir en usine avec une nouvelle couche intérieure d'époxy. Ils ne doivent pas avoir contenu de l'huile, car il reste toujours des résidus qui pourraient endommager le sol en cas d'incident.

Les fûts en plastiques sont généralement moins performants car la matière est plus épaisse et moins conductrice de chaleur.

Les fûts ne doivent pas être installés sur le sol à cause des risques de rouille et sont donc installés sur un support plat (palettes renforcées, rail, dalle de béton). Le support ne doit pas être en bois pour éviter la pourriture.

Sur la photo ci-contre les bidons reposent sur une dalle en béton.

Deux niveaux de fûts sont installés en général. Trois niveaux de fûts sont possibles si une armature est ajoutée. La charge d'un niveau sur l'autre est répartie soit en mettant les fûts en quinconce soit avec 2 barres de 50 x 50 mm en acier galvanisé entre les niveaux.

Les fûts doivent être remplis à 90 % de leur capacité pour éviter les dégâts en cas de gel.

Idéalement, il est préférable de laisser un espace entre le mur et les fûts ou les bidons pour augmenter la surface d'échange des fûts ou des bidons avec l'air.

### BIDONS SOUS TABLETTE

Les bidons de 10 ou 20 litres sont placés sous les tablettes. Une grande quantité est nécessaire, il est donc difficile de les trouver autrement que neufs. Ils sont disposés sous forme de quadrillage avec un espace de 8 à 12 cm pour que l'air puisse circuler par convection naturelle. Les bidons sur les côtés, exposés au rayonnement solaire, sont de préférence noirs. La couleur de ceux au centre n'a pas d'importance.

Si le sol est stable et plat, ils peuvent aussi servir de support de tablettes.

Dans le cas d'une ventilation forcée, un espace est prévu entre les bidons afin de faire traverser les gaines perforées.



La masse thermique fait partie intégrante de la structure porteuse (mur en brique, pierre, parpaing rempli de terre...). Il est nécessaire de creuser une fondation conséquente pour soutenir le poids supplémentaire. L'épaisseur de la paroi doit être suffisante pour contenir une masse thermique adéquate : environ 20 à 30 cm suffisent. La surface intérieure sera peinte en noir.

La pose d'un isolant par l'extérieur est nécessaire. On utilise les mêmes techniques d'isolation thermique extérieure (ITE) que celles du BTP. L'isolant doit être maintenu contre le mur par collage/chevillage ou en caisson. L'isolant doit être protégé des intempéries extérieures par une finition étanche à l'eau (mais pas à la vapeur d'eau).



> Mur intérieur peint en noir.



> Isolation extérieure du mur avec remplissage de laine de mouton en vrac et finition en terre crue.

## 8 SUIVI DES PERFORMANCES

Durant le projet, pour s'assurer de leur bon fonctionnement, les serres ont été équipées de *data-logger*. Ces appareils enregistrent la température et l'humidité à plusieurs points d'intérêt de la serre : dans le sol, dans l'air, dans les bidons ou dans les fûts, à l'extérieur et dans des serres témoins.

Toutes ces données ont été récupérées et analysées. La serre témoin sert de comparaison, c'est souvent une serre classique de la même exploitation. Grâce à cela, il est possible de déterminer l'efficacité de la serre bioclimatique par rapport aux serres conventionnelles.

Ces données permettent aussi de se rendre compte de problèmes s'il y en a, et évidemment d'améliorer le système.

## 9 ANALYSE DES PERFORMANCES DES 7 SERRES PILOTES

### 9.1 PERFORMANCES THERMIQUES

**Les serres bioclimatiques déjà construites et opérationnelles en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur montrent toutes des performances thermiques et énergétiques irréfutables.**

**QUELQUES RÉSULTATS SIGNIFICATIFS :**

- **Aucun gel recensé** dans les serres bioclimatiques sur les 3 dernières années.
- 175 kWh/m<sup>2</sup> en moyenne de stockage et restitution de chaleur en hiver.
- 5 à 20°C de différence de température la nuit en hiver entre une serre classique et une serre bioclimatique. Plus il fait froid, plus la différence est importante et montre que la serre bioclimatique est efficace.
- **Réduction des variations de température** dans la serre entre la nuit et le jour, et entre l'hiver, la mi-saison et l'été.
- Une hygrométrie mieux maîtrisée.
- Fonctionne même par temps nuageux (jusqu'à 6 jours sur les serres monitorées).
- Pour le maintien d'une température minimum de 12°C, la serre bioclimatique permet une diminution des temps de chauffe de l'ordre 75 % par rapport à une serre classique chauffée.

## 9.2 PERFORMANCES AGRONOMIQUES & ÉCONOMIQUES



MODÈLE	MASSE THERMIQUE	COÛT (HORS MAIN D'OEUVRE)	PERFORMANCES ÉCONOMIQUES	PERFORMANCES AGRONOMIQUES
SERRE TUNNEL	Fûts (mur)	17 €/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérennisation de la production.</li> <li>• Doublement du chiffre d'affaires de janvier à avril (hors taxe) pour l'une des serres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Homogénéité de la germination.</li> <li>• Réduction des maladies cryptogamiques.</li> <li>• Gain de précocité : &gt; 1 à 3 semaines en janvier et février sur les solanacées &gt; 1 semaine en automne sur les salades, épinards, mâches,...</li> </ul>
	Bidons (sous tablette)	23 €/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation de 17 % du chiffre d'affaire des premiers mois d'utilisation pour une autre serre.</li> </ul>	
SERRE MULTI-CHAPELLE	Fûts (mur)	18 €/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sécurisation du niveau d'activité face aux aléas climatiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Homogénéité et régularité de la levée.</li> <li>• Gain de précocité de 5 à 15 jours selon les espèces (tomates, melons, haricots...)</li> </ul>
SERRE TROIS MURS	Fûts (mur)	95 €/m <sup>2</sup> et 136 €/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renforcement de l'autonomie de l'exploitation : la production de plants permet de répondre à 95 % voire 100 % des besoins en plants de l'exploitation.</li> </ul> <p>Pour l'un des exploitants, les plants non utilisés pour l'exploitation sont vendus permettant un revenu complémentaire de 3 000 € par an.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Homogénéité et régularité de la levée.</li> <li>• Sécurisation et réduction des retards de production de plants lors de périodes froides persistantes.</li> <li>• Maintien de l'activité toute l'année dans les régions les plus froides.</li> <li>• Gain de précocité d'environ 10 jours à 4 semaines.</li> <li>• Aucune fonte de semis.</li> </ul>
	Brique et terre	133 €/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'autonomie en plants de patates douces permet de faire l'économie 650 € d'achats par an.</li> </ul>	
SERRE TUNNEL AVEC UN MUR	Fûts (mur)	17 €/m <sup>2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sécurisation de l'activité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Homogénéité et régularité de la levée.</li> <li>• Autoproduction de 90-95 % des besoins en plants de l'exploitation, dès la première année.</li> <li>• Diversification des espèces et variétés : 53 cultures maraîchères.</li> </ul>

## ■ FOCUS IMPACT DIAGNOSTIC DE DURABILITÉ

La méthode IDEA 4 (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles - version 4) permet de rendre compte aux agriculteurs des performances de leur exploitation sur les **3 dimensions** de la durabilité à travers **53 indicateurs** et de les accompagner dans la transition vers une agriculture durable. Fondée sur une approche à la fois pédagogique et opérationnelle, elle est développée par un comité scientifique pluridisciplinaire.

### 53 INDICATEURS

#### 3 DIMENSIONS :

**Agroécologique**  
**Socio-territoriale**  
**Économique**

#### 5 PROPRIÉTÉS :

**Autonomie**  
**Ancrage territorial**  
**Responsabilité globale**  
**Robustesse**  
**Capacité productive et reproductive de biens et services**



Cette méthode a été utilisée pour évaluer **les impacts potentiels du projet de serre bioclimatique à l'échelle globale de l'exploitation**, allant au-delà des performances agronomiques et économiques de la serre bioclimatique.

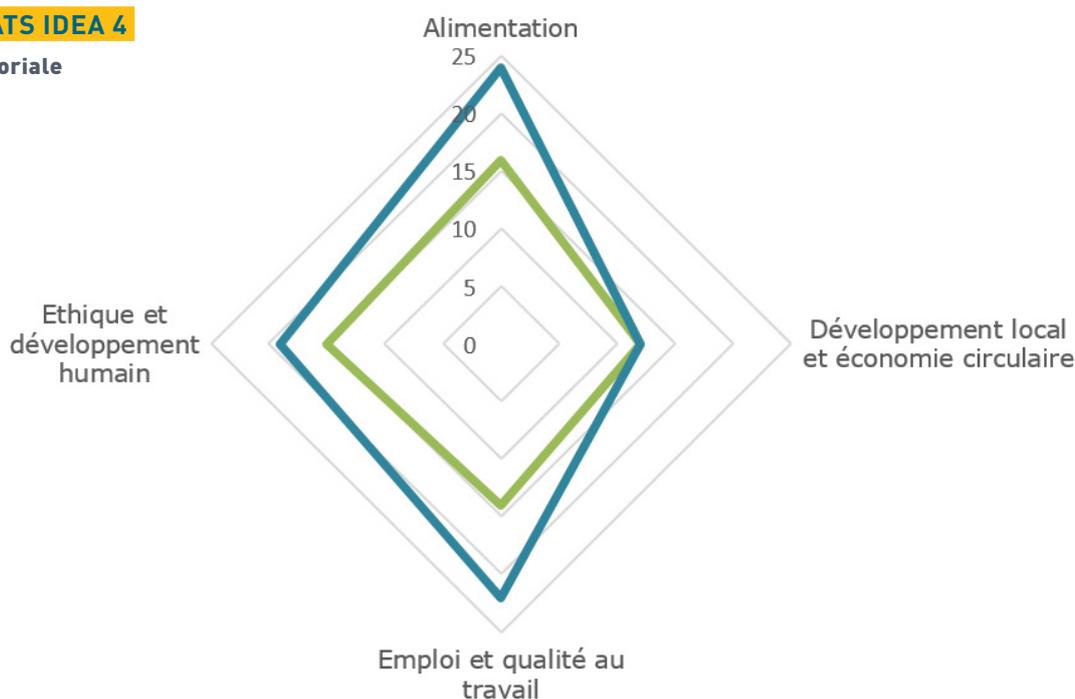
Un diagnostic basé sur une situation « avant la serre bioclimatique » et « après la serre bioclimatique » a été réalisé chez chaque exploitant.e.

Les résultats montrent **une plus grande autonomie** pour chacun.e (énergie, matériaux, semences et plants), une meilleure **qualité de travail** et parfois même **qualité de vie**, une **capacité économique** accrue ainsi que des **liens sociaux renforcés**. La serre bioclimatique a également contribué à amorcer des changements plus profonds sur les pratiques et sur la diversification d'ateliers de production.

### EXEMPLE RÉSULTATS IDEA 4

#### Dimension socio-territoriale

— AVANT  
— APRÈS



# 10 RETOURS D'EXPÉRIENCE : LES SERRES PILOTES DE PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

---

## SERRE 3 MURS

de FABRICE HOURS  
EYGLIERS (05)

## SERRE 3 MURS

de GÉRARD DAUMAS  
MANE (04)

## SERRE 3 MURS

de LOLITA GUYON  
DALUIS (06)

## SERRE TUNNEL AVEC MUR

de OLIVIER BOUGE  
AVIGNON (84)

## SERRE TUNNEL

## SERRE MULTI-CHAPELLE

de MARIE MOYET  
AUBAGNE (13)

## SERRE TUNNEL

de PATRICIA LENNE  
VILLELAURE (84)



# SERRE 3 MURS

FABRICE HOURS EYGLIERS (05)



## PRÉSENTATION DU PROJET AGRICOLE

**LOCALISATION ET CONDITIONS CLIMATIQUES :** Montagne, altitude : 1130 m, froid et ensoleillé

**PRODUCTIONS :** Plants maraîchers, maraîchage, arboriculture, poules pondeuses

**TAILLE DE L'EXPLOITATION :** 1 ETP pour une production annuelle de 6 000 plants et l'activité de poules pondeuses

## LA SERRE BIOCLIMATIQUE

<b>MODÈLE</b>	3 murs	
<b>EMPRISE AU SOL</b>	107 m <sup>2</sup>	
<b>ORIENTATION ET SITE DE CONSTRUCTION</b>	Orientation est-ouest, aucun ombrage	
<b>MATÉRIAUX</b>	<b>STRUCTURE</b>	Bois
	<b>MASSE THERMIQUE</b>	Fûts d'eau
	<b>ENVELOPPE</b>	Polycarbonate
	<b>ISOLATION</b>	Bac acier isolé par un panneau sandwich polyuréthane
<b>COÛTS AU M<sup>2</sup></b>	95 €/m <sup>2</sup> hors main d'œuvre et récupération	

## UTILISATION DE LA SERRE

La serre est équipée de bacs en bois remplis de terre, destinés à permettre les 2 activités prévues :

- Production de plants, placés en caisses, posées sur ces bacs.
- Production de légumes plantés dans ces bacs.

## LA PRODUCTION EN 2017 A ÉTÉ LA SUIVANTE :

- Semis de mi-mars à fin avril
- Repiquage de mi-avril à mi-mai
- Ventes de mi-mai à fin juin

**PLANTS ET CULTURES EN 2017 :** tomates, courgettes, concombres, melons, aubergines, poivrons.

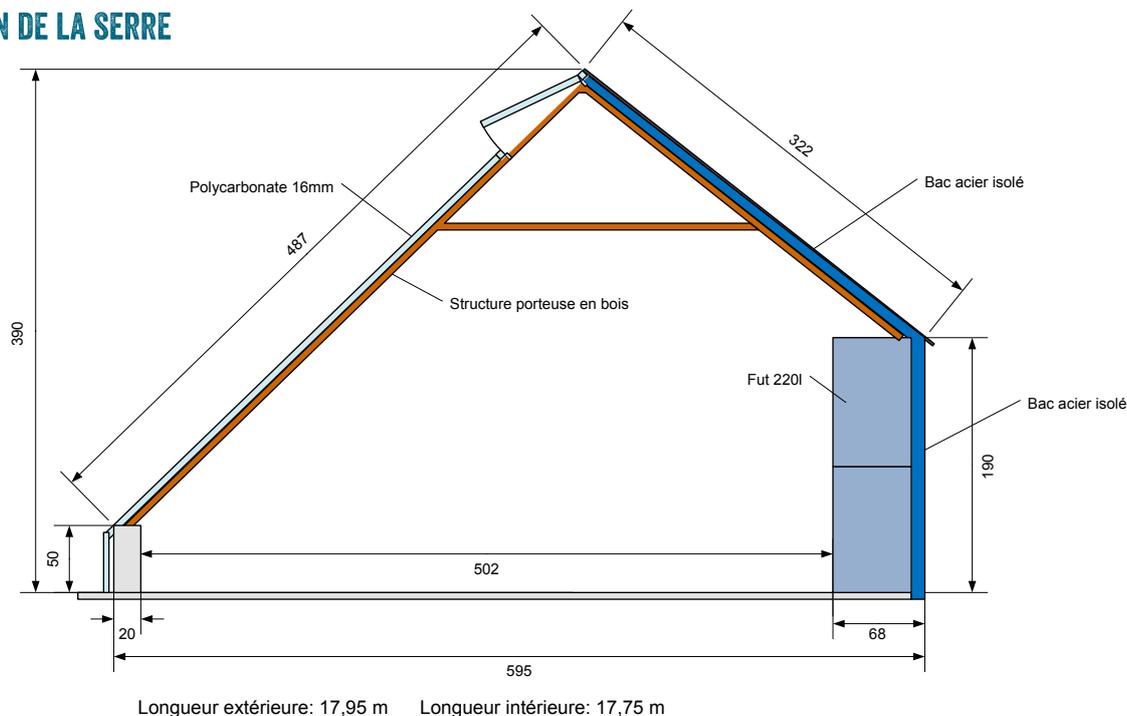
## APPUI FINANCIERS\*

- Coût total de la serre : 10 130 €\*  
- Fonds de dotation (3 600€)  
\*Achat de matériaux (hors études et conception)



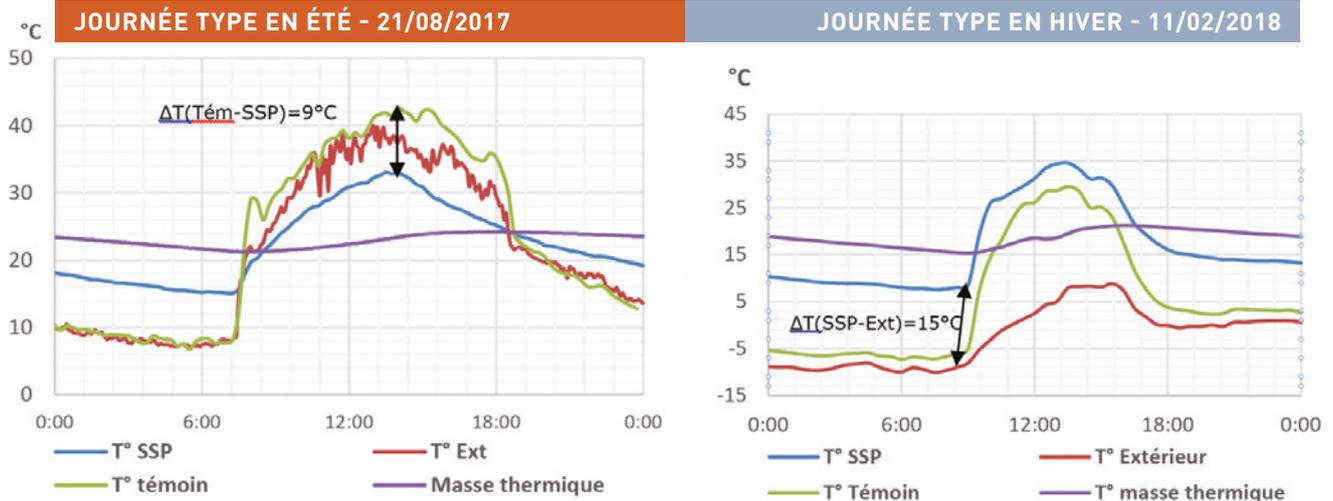
## CONSTRUCTION DE LA SERRE

Autoconstruction ayant nécessité **400 heures de travail**.  
Le nivellement a été fait avec des machines.



Cette action a été réalisée par l'association Geres, le bureau d'études Agrithermic et le GRAB et soutenue par la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'ADEME et le fonds de dotation Itancia.

## PERFORMANCES THERMIQUES



- **NOMBRE DE NUITS DE GEL** (hivers 2016/2018)
  - > Serre classique = **93 nuits**
  - > Serre bioclimatique = **0 nuit**
- **ECART MINIMUM DE TEMPÉRATURE** intérieur SSP / extérieur = **12 °C**

### PERFORMANCES AGRONOMIQUES

La serre permet de produire toute l'année. La durée de pépinière a été **raccourcie de 2 semaines** par rapport aux plants produits dans la serre tunnel les années précédentes.

La qualité des plants était meilleure grâce à la très bonne luminosité de cette serre en comparaison d'une serre tunnel plastique.

Aucune maladie n'a été observée sur les plants.

### PERFORMANCES ÉCONOMIQUES

Initialement éleveur de poules, la serre bioclimatique a permis d'assurer un complément de revenu à l'exploitant (estimé lors de la première année d'exploitation à **2 500€ pour une vente de 1500 plants et 150kg de légumes** et une autoconsommation de légumes estimée à 800€).

Au vu des résultats économiques encourageants, l'exploitant souhaite **faire de la production de plants et de cultures maraichères son activité principale avec une activité de semencier.**

### RETOURS DE L'AGRICULTEUR

#### AVANTAGES / CONTRAINTES

##### > MODÈLE DE SERRE

✔ *Construction en « dur » avec une bonne isolation thermique, résistance au vent et à la neige. La forme du toit permet de maximiser la pénétration du rayonnement solaire en hiver et évite que ce rayonnement frappe directement les fûts en été.*

❌ *Orientation suivant un axe est-ouest. Pas applicable à la rénovation. Coût élevé.*

##### > ASPECTS ÉNERGÉTIQUES / CLIMATIQUES

✔ *Très bonnes performances thermiques en hiver. Bonnes performances thermiques en été et intersaison : pas de surchauffe diurne.*

❌ *Pas de système de déshumidification.*

##### > ASPECTS AGRONOMIQUES

✔ *Les très bonnes performances climatiques de cet équipement ont permis de sécuriser la production de plants et de légumes.*

❌ *L'équipement coûteux et sa surface restreinte imposent une très bonne gestion de l'espace (disposition spatiale) et du temps (plannings) pour l'optimiser au maximum et le rentabiliser au mieux.*

*Le contrôle de l'hygrométrie en période estivale doit être optimisé grâce à une pratique judicieuse des aspersions.*



# SERRE 3 MURS

## GÉRARD DAUMAS MANE (04)



### PRÉSENTATION DU PROJET AGRICOLE

**LOCALISATION ET CONDITIONS CLIMATIQUES :** Plaine, altitude : 420m, climat froid et ensoleillé

**PRODUCTIONS :** Plants maraîchers, maraîchage, céréales

**TAILLE DE L'EXPLOITATION :** 1,5 ETP

### LA SERRE BIOCLIMATIQUE

<b>MODÈLE</b>	3 murs	
<b>EMPRISE AU SOL</b>	77 m <sup>2</sup>	
<b>ORIENTATION ET SITE DE CONSTRUCTION</b>	Orientation est-ouest, aucun ombrage	
<b>MATÉRIAUX</b>	<b>STRUCTURE</b>	Métal
	<b>MASSE THERMIQUE</b>	Fûts d'eau
	<b>ENVELOPPE</b>	Polycarbonate
	<b>ISOLATION</b>	Panneau sandwich
<b>COÛTS AU M<sup>2</sup></b>	136 €/m <sup>2</sup> hors main d'oeuvre	

### UTILISATION DE LA SERRE

Initialement les plants étaient produits dans une serre tunnel classique sur l'exploitation, montrant des lacunes sur la production de légumes d'hiver (choux, brocolis ...). La serre bioclimatique a donc principalement pour objectif d'assurer la production d'une gamme plus large de ces légumes d'hiver ainsi que la production plus précoces de certains plants.

#### DATE DE PREMIÈRE MISE EN CULTURE : MARS 2019

La serre est essentiellement dédiée à la production de plants maraîchers de fin janvier à novembre selon le planning suivant :

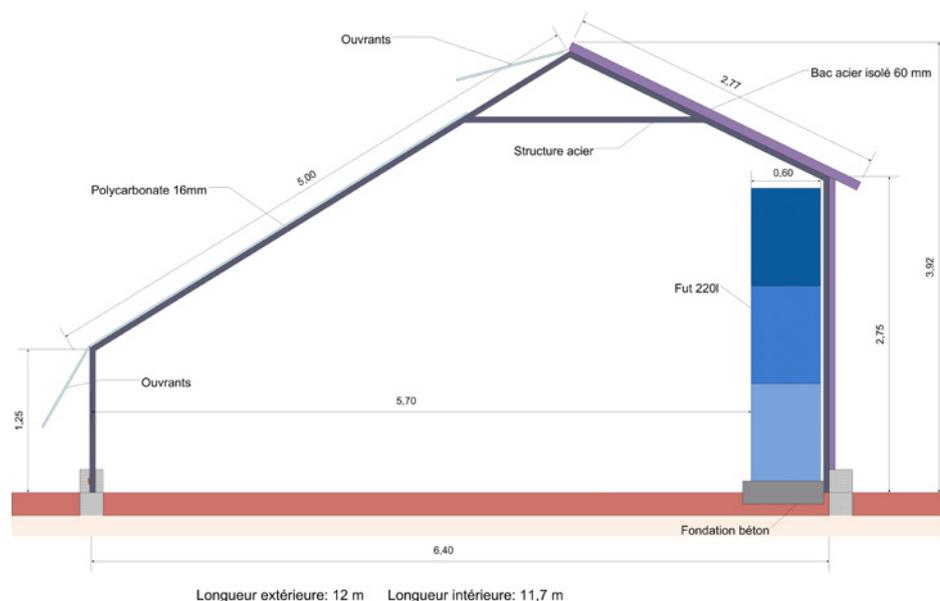
- Printemps : solanacées, cucurbitacées, salades ...
- Été : semis à cycle court (salades, courgettes...) en vue d'une seconde récolte en fin de saison.
- Automne : légumes feuilles, salades, mâches ...

A partir de mai, la toiture de la serre est blanchie pour limiter les risques de brûlure des plants et les excès de température.

Dans les périodes de non production de plants, la serre est utilisée pour la production de légumes majoritairement pour une autoconsommation (tomates, haricots verts, salades ...)

### CONSTRUCTION DE LA SERRE

Auto-construction de la serre ayant nécessité 700 h de travail.



### APPUI FINANCIERS\*

- Coût total de la serre : 10 400 €\*.
- Fonds de dotation (3 600 €)
- \* Pour l'achat de matériaux (hors études et conception)

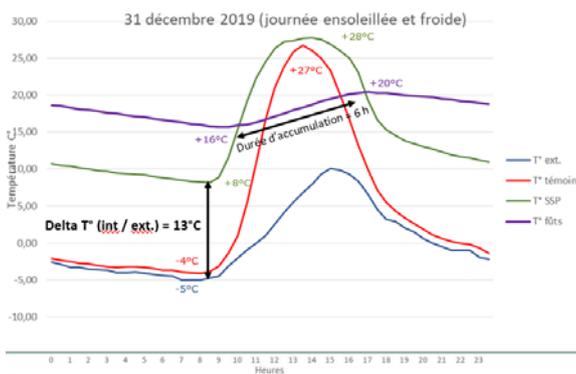


Cette action a été réalisée par l'association Geres, le bureau d'études Agrithermic et le GRAB et soutenue par la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'ADEME et le fonds de dotation Itancia.

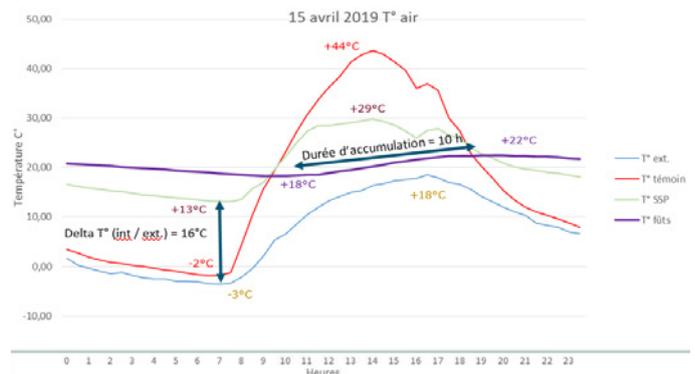


## PERFORMANCES THERMIQUES

### JOURNÉE TYPE EN HIVER



### JOURNÉE TYPE EN INTERSAISON



- **NOMBRE DE NUITS DE GEL** (en janvier 2020) : 22 jours sur 31  
 > Serre bioclimatique = **0 nuit (avec une température minimum de +7°C)**
- **ECART MOYEN DE TEMPÉRATURE** intérieur serre bioclimatique / extérieur = **11 °C**
- **PÉRIODE DE STOCKAGE** : **6h (le 31 décembre 2019)**

## PERFORMANCES AGRONOMIQUES

Les performances de la serre bioclimatique ont permis de sécuriser la production de plants et de raccourcir la durée de pépinière, notamment pour la production de plants de tomates. Aucune fonte de semis n'a été observée ni de maladies particulières. Les levées des semis sont régulières et homogènes grâce à une température suffisante et homogène du terreau.

### PRODUCTION DE PLANTS

Dès janvier, l'agriculteur peut commencer la production de plants de tomate dans la serre bioclimatique sans utiliser de chauffage. A partir de mi-février, la levée des plants de tomates en serre bioclimatique (avec couverture P17) a été constatée au bout de 7 jours contre 11 en serre froide (avec nappe chauffante). Les plants sont par la suite transférés en serre classique pour être endurcis avant d'être plantés en pleine terre. L'utilisation de la serre permet un gain de précocité de 15 jours sans recours au chauffage. Des gains de précocité d'environ 10 jours pour les courgettes et presque 1 mois pour les poireaux et salades sont également constatés.

### PRODUCTION EN PLEINE TERRE

Un gain de précocité d'une semaine est constaté sur les pieds de tomates en serre bioclimatique comparé à la production en serres classiques. A l'été 2020, les pieds de tomates placés en serre bioclimatique étaient deux fois plus hauts que ceux présents dans une serre classique. Le volume de production de tomates en pleine terre de la serre bioclimatique permet une précocité d'environ 10 jours des ventes sur les marchés.

## PERFORMANCES ÉCONOMIQUES

40 % de la production des plants produits en serre bioclimatique est vendue sur les marchés, représentant en moyenne 3 000 € de revenus par an.

Le reste de la production de plants permet une autonomie d'approvisionnement de 95 % des plants nécessaires à la production maraîchère de l'exploitation (seuls les plants de céleris sont achetés). Ainsi, par exemple, l'auto production de plants de patates douces permet d'éviter 650 € d'achats externes de plants par an.

Le volume de production en pleine terre dans la serre bioclimatique est limité du fait de la surface de culture au sol qui y est disponible. Cependant, les gains de précocité sur la production des tomates en pleine terre dans la serre bioclimatique permettent d'en proposer à la vente 10 jours avant la disponibilité des productions sous serres classiques.

La serre bioclimatique permet une sécurisation de l'approvisionnement en plants, un gain de temps et de productivité, notamment lié au confort de travail résultant de son utilisation.

## RETOURS DE L'AGRICULTEUR

### 👍 AVANTAGES / 🚫 CONTRAINTES

#### > MODÈLE DE SERRE

👍 *Construction en dur avec une bonne isolation thermique, résistance au vent et à la neige. La forme du toit permet de maximiser la pénétration du rayonnement solaire en hiver et évite que ce rayonnement frappe directement les fûts en été. Les vérins hydrauliques des ouvrants permettent une régulation automatique. Travail possible avec un motoculteur*

🚫 *Orientation suivant un axe est-ouest. Pas applicable à la rénovation. Coût élevé Temps de travail très important pour le montage de la serre, notamment la fabrication de la charpente métallique.*

#### > ASPECTS ÉNERGÉTIQUES / CLIMATIQUES

👍 *Excellente masse thermique : 3 niveaux des fûts au nord.*

🚫 *Pas de système de déshumidification.*

#### > ASPECTS AGRONOMIQUES

👍 *Précocité des semis. Homogénéité des levées de semis.*

🚫 *Température trop élevée l'été : prévoir des aérations supplémentaires, un blanchiment plus important ou l'utilisation d'un polycarbonate bleu, le polycarbonate transparent laissant passer trop de luminosité.*

« Cet outil est indispensable, quand on n'en a pas on s'en passe, mais dès qu'on le connaît, il devient vraiment indispensable. »

# SERRE 3 MURS

LOLITA GUYON DALUIS (06)



## PRÉSENTATION DU PROJET AGRICOLE

**LOCALISATION ET CONDITIONS CLIMATIQUES :** Montagne, altitude : 630 m, climat froid et aucun masque

**PRODUCTIONS :** Plants maraîchers, maraîchage, arbres fruitiers, poules pondeuses

**TAILLE DE L'EXPLOITATION :** 1 ETP

## LA SERRE BIOCLIMATIQUE

<b>MODÈLE</b>	3 murs	
<b>EMPRISE AU SOL</b>	80 m <sup>2</sup>	
<b>ORIENTATION ET SITE DE CONSTRUCTION</b>	Orientation est-ouest, ombrage de la montagne	
<b>MATÉRIAUX</b>	<b>STRUCTURE</b>	Métal
	<b>MASSE THERMIQUE</b>	Briques creuses remplies de terre
	<b>ENVELOPPE</b>	Polycarbonate
	<b>ISOLATION</b>	Laine de mouton
<b>COÛTS AU M<sup>2</sup></b>	133€/m <sup>2</sup> hors récupération et main d'oeuvre	

## UTILISATION DE LA SERRE

La serre a été construite à l'occasion de la création de l'exploitation. Elle est utilisée principalement pour la production de plants (choux, salades, solanacées, cucurbitacées ...). Des cultures en pleine terre (tomates, poivrons, salades, épinards ...) sont également réalisées, majoritairement pour de l'auto-consommation.

### DATE DE PREMIÈRES MISES EN CULTURE

- LÉGUMES EN PLEINE TERRE : JANVIER 2020
- PLANTS : FÉVRIER 2020

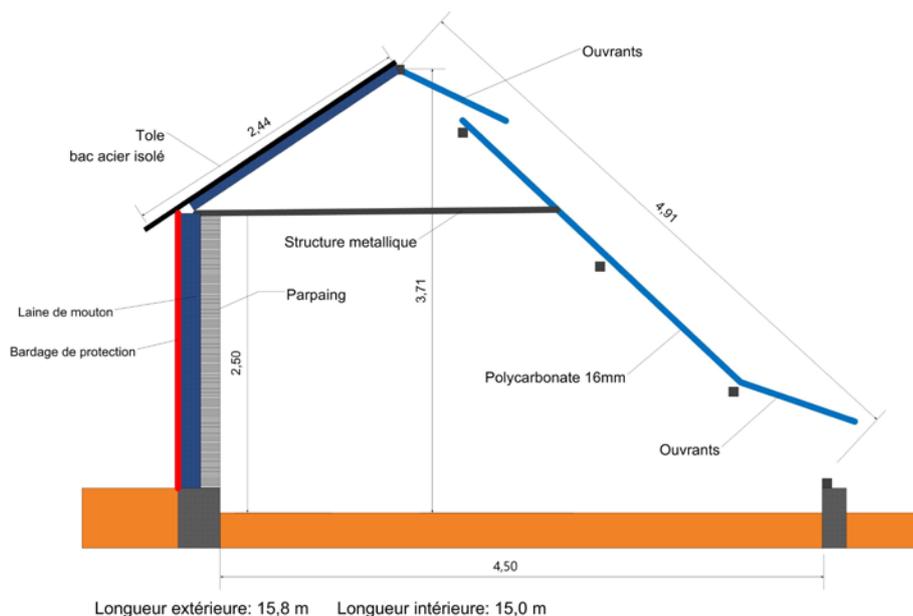
La production dans la serre bioclimatique est prévue selon le planning suivant :

- Février : semis des plants de choux, salades, laitues, courges, courgettes, concombres ainsi que des fleurs (œilletons d'inde...).
- Mars : semis de tomates, aubergines, melons, betteraves, légumineuses.
- A partir d'octobre : semis de légumes feuilles (épinards, salades, pack chœi).

La serre est divisée en 3 espaces permettant de placer les plants et légumes selon la saison en fonction de leur besoin en chaleur et en luminosité.

## CONSTRUCTION DE LA SERRE

Auto-construction de la serre ayant nécessité **400 h de travail**. Utilisation de matériaux locaux comme la laine de mouton en isolant, provenant d'élevages à proximité.



## APPUI FINANCIERS\*

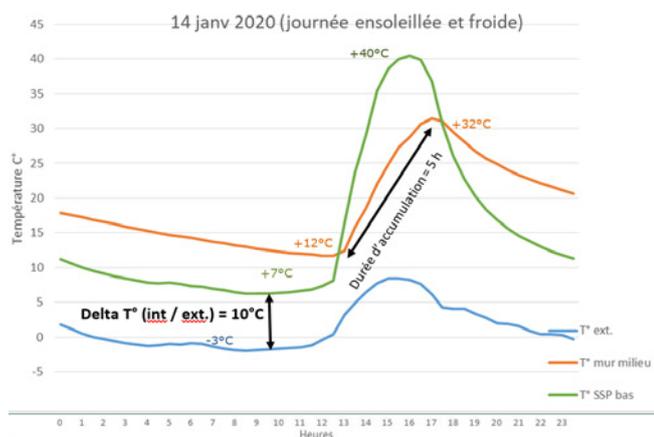
- Coût total de la serre : 10 500 €\*.
  - Fonds de dotation (3 600 €)
- \* Pour l'achat de matériaux (hors études et conception)



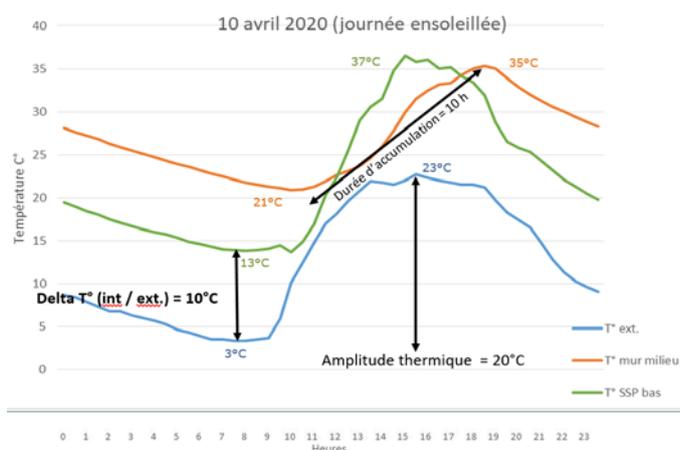
Cette action a été réalisée par l'association Geres, le bureau d'études Agrithermic et le GRAB et soutenue par la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'ADEME et le fonds de dotation Itancia.

## PERFORMANCES THERMIQUES

### JOURNÉE TYPE - HIVER (JANVIER 2020)



### JOURNÉE TYPE INTERSAISON



- **NOMBRE DE NUITS DE GEL** (de janvier à mars 2020) : **30 nuits**
  - > Serre bioclimatique = **0 nuit (avec une température positive minimum de +5°C sur la période)**
- **PÉRIODE DE STOCKAGE : 5 h (hiver)**

## PERFORMANCES AGRONOMIQUES

### PRODUCTION DE PLANTS

Depuis la mise en culture de la serre, l'agricultrice a observé une germination et une levée de semis homogènes et régulières. La qualité des plants et la précocité permises par la serre bioclimatique, dans les conditions climatiques du lieu d'implantation, permettent de répondre à une demande dès le mois d'avril.

### PRODUCTION EN PLEINE TERRE

Une croissance rapide a été constatée sur les légumes pleine terre dans la serre avec un doublement de la taille par rapport à une croissance en serre classique à la même période (radis, épinards, salades). Un gain de précocité de 3 semaines a été observé en production de tomates, en comparaison avec d'autres exploitations environnantes non équipées de serres bioclimatiques.

En été, les conditions climatiques ont permis un très bon développement des aubergines. L'hygrométrie présente dans la serre a été moins adaptée à la croissance des cucurbitacées.

## PERFORMANCES ÉCONOMIQUES

Les performances de la serre ont assuré une sécurisation de la production de plants, contribuant à la pérennité de l'exploitation. Durant la première année de mise en culture, la production dans la serre a répondu à environ 90 % des besoins en plants de l'exploitation (seuls les plants de pommes de terre, oignons, ail, échalotes et les poireaux ont été achetés). La partie non autoconsommée a permis un revenu d'environ 1 400 € pour les plants, et 500 € pour les légumes.

L'intérêt économique de cette serre se situe selon l'agricultrice autant pour l'autoconsommation sur l'exploitation que pour la vente. En effet, suite aux résultats de cette première année, tant sur la qualité que sur la précocité, l'agricultrice a enregistré une forte demande en plants pour le début de saison, autant des professionnels que des particuliers.



# SERRE TUNNEL AVEC MUR

## OLIVIER BOUGE AVIGNON (84)



### PRÉSENTATION DU PROJET AGRICOLE

**LOCALISATION ET CONDITIONS CLIMATIQUES :** Plaine, altitude : 22 m, climat tempéré et ensoleillé

**PRODUCTIONS :** Plants maraîchers, maraîchage, arboriculture, poules pondeuses

**TAILLE DE L'EXPLOITATION :** 2 ETP

### LA SERRE BIOCLIMATIQUE

<b>MODÈLE</b>	Tunnel avec un mur	
<b>EMPRISE AU SOL</b>	113 m <sup>2</sup> dont 76.5 m <sup>2</sup> en bioclimatisme	
<b>ORIENTATION ET SITE DE CONSTRUCTION</b>	Orientation est-ouest, aucun ombrage	
<b>MATÉRIAUX</b>	<b>STRUCTURE</b>	Arceaux métalliques
	<b>MASSE THERMIQUE</b>	Fûts d'eau
	<b>ENVELOPPE</b>	Film plastique et écran thermique
	<b>ISOLATION</b>	Panneau métal avec mousse expansée
<b>COÛTS AU M<sup>2</sup></b>	17€/m <sup>2</sup> hors récupération et main d'oeuvre	

### UTILISATION DE LA SERRE

La serre bioclimatique a été construite à l'occasion du déménagement de l'exploitation dans le but d'assurer une auto-production complète des besoins en plants.

**DATE DE PREMIERE MISE EN CULTURE : FÉVRIER 2020**

La serre est aménagée de manière à permettre la production de :

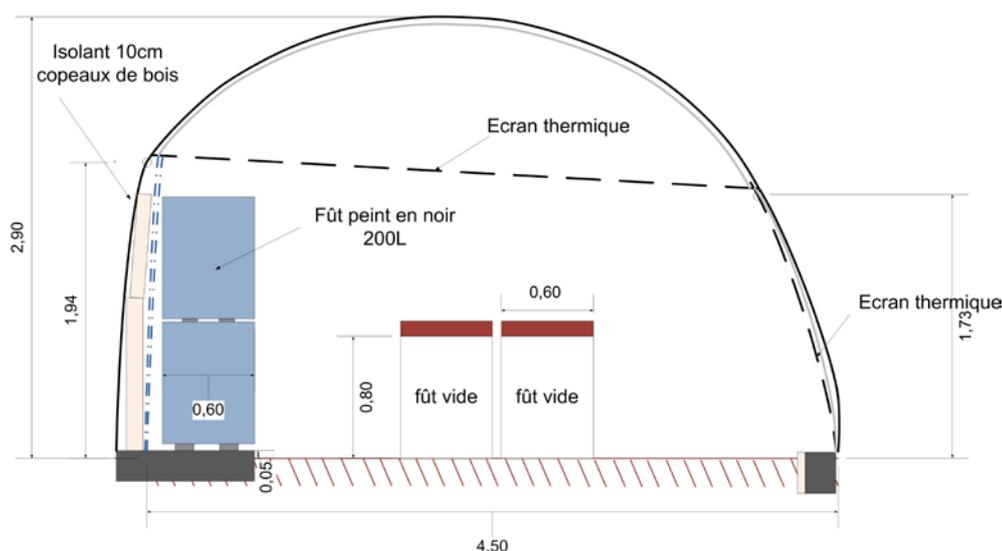
- Plants maraîchers : fleurs et plantes aromatiques, salades, cucurbitacées, solanacées, crucifères ou encore des légumineuses avec une diversité de 53 cultures maraîchères (sur environ 80 % de la surface de la serre bioclimatique).
- Boutures pour l'activité d'arbres fruitiers comme des kiwis, des figues, des grenades et de la vigne (sur environ 20 % de la surface de la serre bioclimatique).

Cette serre est complémentaire des activités de maraîchage, arbres fruitiers et prochainement de poules pondeuses de l'exploitation.

### CONSTRUCTION DE LA SERRE

Autoconstruction avec récupération de matériaux. Environ 350 heures de travail.

Réutilisation de bois de cyprès présents sur le terrain pour la création du mur sur lequel reposent les arceaux de la structure.

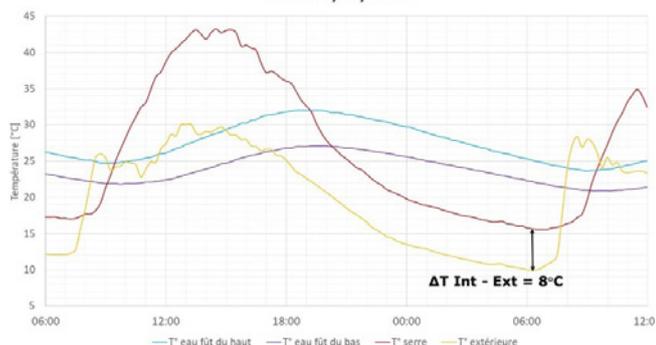


Cette action a été réalisée par l'association Geres, le bureau d'études Agrithermic et le GRAB et soutenue par la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'ADEME et le fonds de dotation Itancia.

## PERFORMANCES THERMIQUES

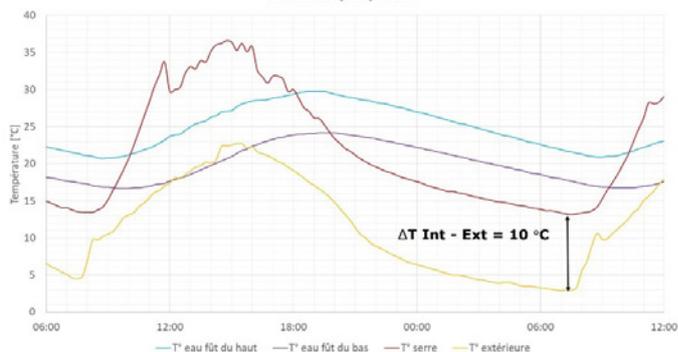
### JOURNÉE NUAGEUSE

Evolution des températures lors d'une journée nuageuse  
08 au 09/05/2020



### JOURNÉE ENSOLEILLÉE

Evolution des températures lors d'une journée ensoleillée  
04 au 05/04/2020



- **NOMBRE DE NUITS DE GEL** (du 20 avril 2020 au 20 mai 2020) : **3 nuits**
  - > Serre bioclimatique = **0 nuit**
- **ÉCART MOYEN DE TEMPÉRATURE** : intérieur serre bioclimatique/extérieur = **8°C**

## PERFORMANCES AGRONOMIQUES

La première année d'utilisation de la serre a permis à l'exploitant d'appréhender et de tester la production de plants, avec une production d'une plus grande variété de plants et en plus grand volume que sur la précédente exploitation.

Les résultats ont été satisfaisants :

- Homogénéité de la germination
- Levées régulières et homogènes des plants
- Aucune maladie n'a été observée sur les plants.

La serre bioclimatique permet d'assurer un maintien hors gel des boutures d'arbres fruitiers et d'élargir la gamme.

Dès la première année, les performances de la serre bioclimatique ont permis de répondre à 90-95 % des besoins en plants de l'exploitation (seuls les plants greffés de tomates et aubergines sont encore achetés).

## PERFORMANCES ÉCONOMIQUES

La serre bioclimatique ayant été installée suite au déménagement de l'exploitation de l'agriculteur, au jour de publication de cette fiche, une comparaison avec une période d'exploitation sans cet outil de production n'est pas calculable. Cependant, les performances agronomiques de la serre bioclimatique ont permis de sécuriser une autonomie de plus de 60 % sur l'ensemble des productions de l'exploitation.

## APPUIS FINANCIERS\*

- Coût total de la serre : 1 320 €\*
- Fonds de dotation (1 600 €)
- \* Pour l'achat de matériaux (hors études et conception)



# SERRE TUNNEL

MARIE MOYET AUBAGNE (13)



## PRÉSENTATION DU PROJET AGRICOLE

LOCALISATION ET CONDITIONS CLIMATIQUES : Plaine, altitude : 119 m

PRODUCTIONS : Plants maraîchers, maraîchage

TAILLE DE L'EXPLOITATION : 1 ETP

## LA SERRE BIOCLIMATIQUE

MODÈLE	Tunnel	
EMPRISE AU SOL	Serre bioclimatique de 96m <sup>2</sup> dans une serre tunnel classique de 300 m <sup>2</sup>	
ORIENTATION ET SITE DE CONSTRUCTION	Orientation est-ouest	
MATÉRIAUX	STRUCTURE	Arceaux métalliques
	MASSE THERMIQUE	Fûts d'eau
	ENVELOPPE	Ecran thermique sous simple paroi plastique
	ISOLATION	Stratherm (multicouche) en façade nord, écran thermique plafond et façade sud. Sas multi-paroi aux extrémités (3 couches : un plastique à bulles entre 2 bâches de serre)
COÛTS AU M <sup>2</sup>	17 €/m <sup>2</sup> hors récupération et main d'œuvre	

## UTILISATION DE LA SERRE

DATE DE PREMIÈRE MISE EN CULTURE : JANVIER 2017

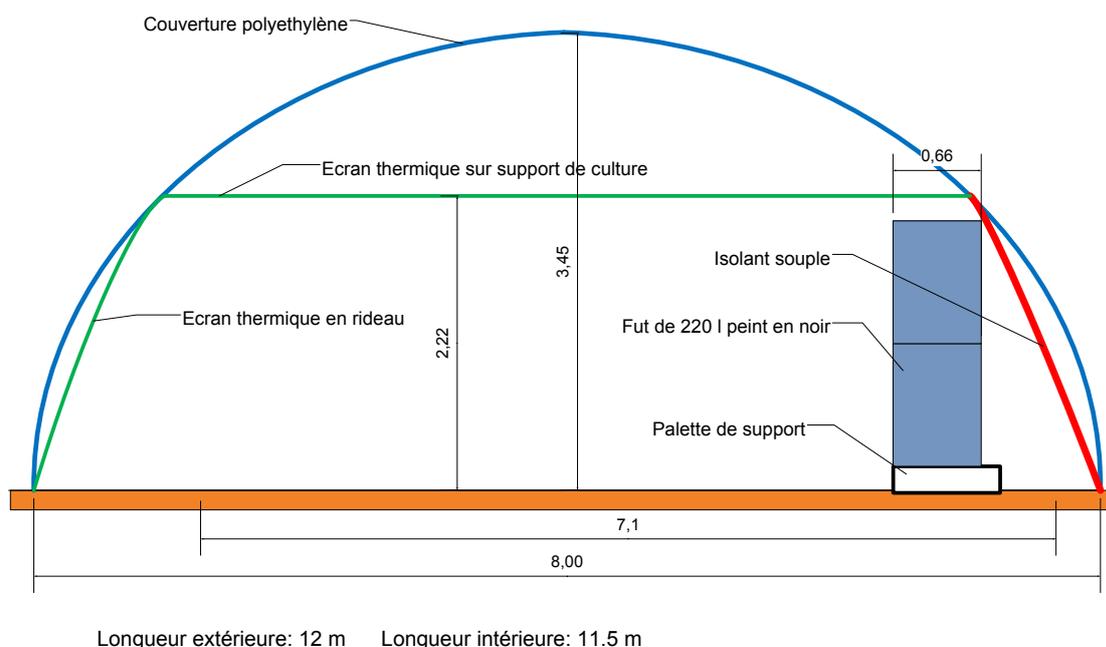
- Production de plants précoces en fin d'hiver.
- Sécuriser et raccourcir le cycle des productions de plants d'automne (salades, persil, épinards...).

Le démarrage de la pépinière se fait sur la nappe chauffante pour accélérer la germination et la croissance des plants en début de pépinière, puis les plants sont déplacés hors de la nappe chauffante dans la serre bioclimatique pour le reste de la pépinière.

Les plants sont parfois déplacés dans la serre «froide» en fin de pépinière pour les «endurcir» avant la vente.

## CONSTRUCTION DE LA SERRE

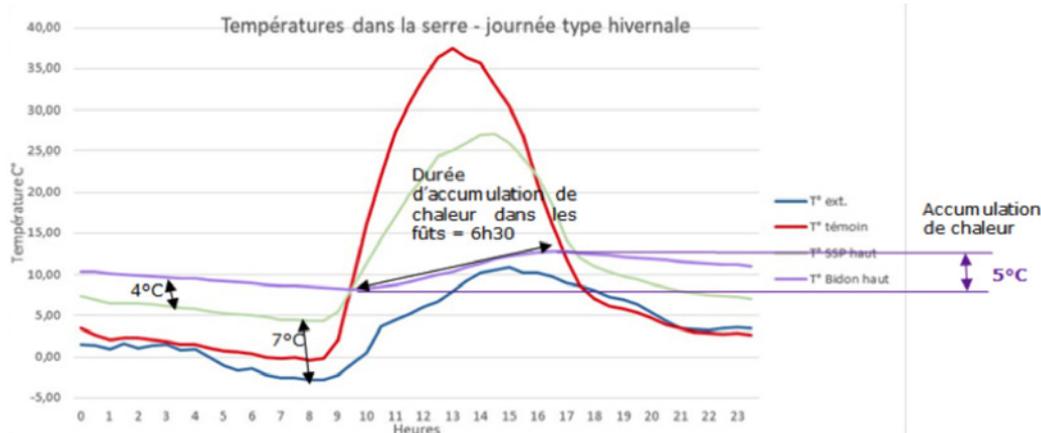
Autoconstruction à partir d'une serre préexistante ayant nécessité 64 heures de travail.



Cette action a été réalisée par l'association Geres, le bureau d'études Agrithermic et le GRAB et soutenue par la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'ADEME et le fonds de dotation Itancia.

## PERFORMANCES THERMIQUES

### PERFORMANCE DE LA SERRE BIOCLIMATIQUE EN SAISON HIVERNALE



- **NOMBRE DE NUITS DE GEL** (hiver 2017/2018)
  - > Serre classique = **26 nuits**
  - > Serre bioclimatique = **0 nuit**
- **ECART MINIMUM DE TEMPÉRATURE** intérieur serre bioclimatique / extérieur = **7 °C**

## PERFORMANCES AGRONOMIQUES

La serre est occupée pleinement par les plants de janvier à avril.

### GAINS DE CROISSANCE :

- Janvier et février (solanacées) : 1 à 3 semaines
- Automne (salades, épinards, mâche...) : 1 semaine

## PERFORMANCES ÉCONOMIQUES

Les performances climatiques et agronomiques de la serre ont permis à l'agricultrice un **doublé du chiffre d'affaire de janvier à avril** (hors taxe) l'année suivant la mise en production en serre bioclimatique.

## RETOURS DE L'AGRICULTRICE

### AVANTAGES / CONTRAINTES

#### > MODÈLE DE SERRE

Modèle facile à mettre en œuvre, avec un investissement raisonnable, peu de travail et un bon rapport coût/performance.

Les fûts métalliques sont issus de récupération.

Orientation suivant un axe est/ouest. La combinaison écran thermique – écarteur de laize nécessite des opérations manuelles pour aérer et ventiler.

#### > ASPECTS ÉNERGÉTIQUES / CLIMATIQUES

Bonnes performances thermiques en hiver : différence de température nocturne ( $\Delta T$ ) avec l'extérieur est de 6 à 8 °C lors des nuits froides et claires. Le témoin n'est que 1°C plus chaud que l'extérieur la nuit.

La serre n'est jamais descendue sous 1°C sur les 3 dernières années.

Pas de système de déshumidification.

Ventilation contraignante.

Performances moins bonnes qu'une serre avec une enveloppe en polycarbonate.

#### > ASPECTS AGRONOMIQUES

Les très bonnes performances climatiques de cet équipement ont permis de sécuriser la production précoce de plants et d'augmenter son chiffre d'affaires (plants plus chers en période précoce).

Faible investissement.

Economie d'électricité (moindre utilisation des nappes chauffantes).

Le risque de manque de lumière (limité) en raison de l'écran thermique et donc de plants étioilés. Le contrôle de l'hygrométrie en période hivernale.



## APPUIS FINANCIERS\*

- Coût total de la serre : 1 660 €\*

- Fonds de dotation (1 600 €)

\* Pour l'achat de matériaux (hors études et conception)

# SERRE MULTI-CHAPELLE

MARIE MOYET AUBAGNE (13)



## PRÉSENTATION DU PROJET AGRICOLE

LOCALISATION ET CONDITIONS CLIMATIQUES : Plaine, altitude : 127 m

PRODUCTIONS : Plants maraîchers, maraîchage

TAILLE DE L'EXPLOITATION : 1,5 ETP

## LA SERRE BIOCLIMATIQUE

MODÈLE	Multi-chapelle cloisonnée	
EMPRISE AU SOL	Serre bioclimatique de 90m <sup>2</sup> au sein d'une multi-chapelle de 690 m <sup>2</sup> (localisée coin nord - ouest)	
ORIENTATION ET SITE DE CONSTRUCTION	Orientation est-ouest	
MATÉRIAUX	STRUCTURE	Métal
	MASSE THERMIQUE	Fûts d'eau
	ENVELOPPE	Simple paroi plastique avec écran thermique
	ISOLATION	Stratherm (multicouche) façade nord, écran thermique plafond et façade sud
COÛTS AU M <sup>2</sup>	18 €/m <sup>2</sup> hors récupération et main d'oeuvre	

## UTILISATION DE LA SERRE

DATE DE PREMIÈRE MISE EN CULTURE :  
JANVIER 2019

Pour 2019, la production dans la serre bioclimatique est la suivante :

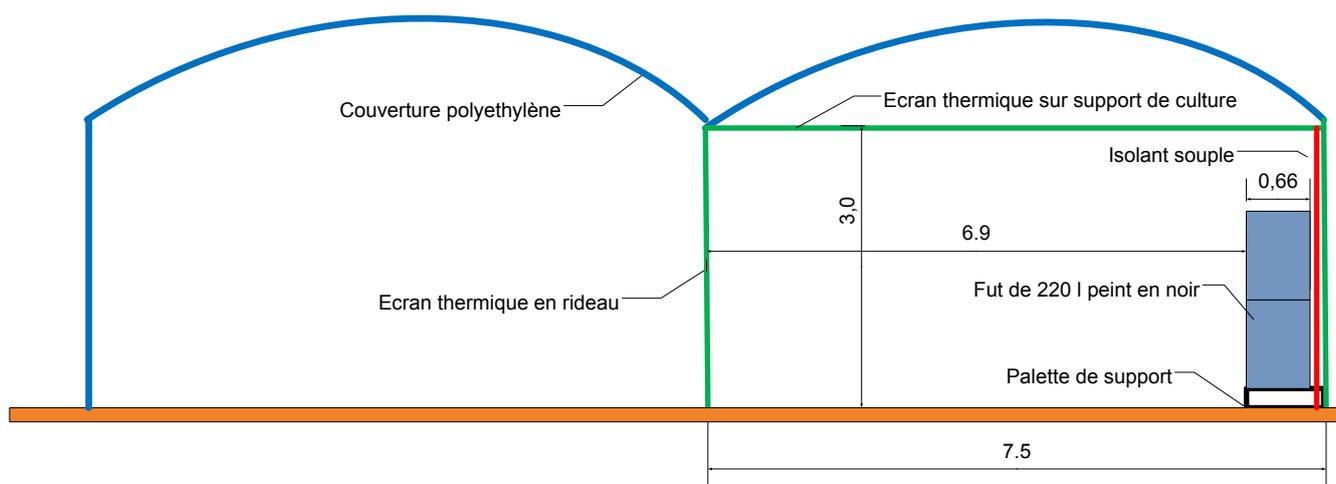
- Démarrage de la saison début janvier avec semis de solanacées
- A partir de février, premiers semis de betteraves, fenouils ou encore cerfeuil
- A partir de mars, semis de melons, basilic, haricots verts

Le démarrage se fait sur la nappe chauffante pour accélérer la germination et la croissance des plants en début, puis les plants sont déplacés hors de la nappe chauffante dans la serre bioclimatique.

Les plants sont parfois déplacés dans la serre «froide» en fin de pépinière pour les «endurcir» avant la vente.

## CONSTRUCTION DE LA SERRE

Autoconstruction. Temps de travail pour le nivellement et préparation sol, mise en place bâche, isolation, fûts et écran thermique estimé à 65 heures.

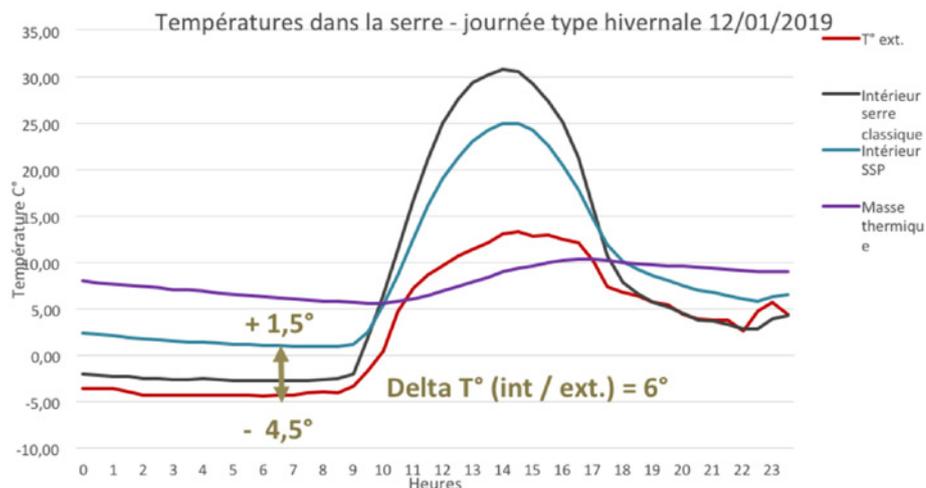


Longueur: 12 m

Cette action a été réalisée par l'association Geres, le bureau d'études Agrithermic et le GRAB et soutenue par la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'ADEME et le fonds de dotation Itancia.

## PERFORMANCES THERMIQUES

### PERFORMANCE DE LA SERRE BIOCLIMATIQUE EN SAISON HIVERNALE



- **NOMBRE DE NUITS DE GEL** (hiver 2018/2019)
  - > Serre classique = **27 nuits**
  - > Serre bioclimatique = **0 nuit**
- **ECART MINIMUM DE TEMPÉRATURE** intérieur serre bioclimatique / extérieur = **6,2 °C**

## APPUI FINANCIERS\*

- Coût total de la serre : 1 660 €\*
  - Réemploi des équipements de la 1ère serre bioclimatique tunnel
- \* Pour l'achat de matériaux (hors études et conception)

## PERFORMANCES ÉCONOMIQUES

Les performances en termes de précocité et de sécurisation de production des plants ont permis à l'agricultrice de pérenniser son niveau d'activité.

## PERFORMANCES AGRONOMIQUES

UN GAIN DE PRÉCOCITÉ A ÉTÉ CONSTATÉ SUR LA PRODUCTION DES PLANTS DE :

- 5 à 15 jours pour les plants de tomates
- 15 jours pour le cerfeuil (dont les conditions climatiques sont particulièrement adaptées pour sa production)
- 10 jours pour les plants de melons
- 8 jours pour le basilic
- 15 jours pour les haricots verts



PLANTS DE TOMATES

SERRE TÉMOIN

SERRE BIOCLIMATIQUE



PLANTS DE POIVRONS



## RETOURS DE L'AGRICULTRICE

👍 AVANTAGES / 👎 CONTRAINTES

### > MODÈLE DE SERRE

👍 *Modèle facile à mettre en œuvre, avec un investissement raisonnable, peu de travail et un bon rapport coût/performance.*

👎 *Ventilation contraignante.*

### > ASPECTS ÉNERGÉTIQUES / CLIMATIQUES

👍 *Bonnes performances thermiques en hiver : permet un confort face aux risques de gel.*

👎 *Pas de système de déshumidification.*

### > ASPECTS AGRONOMIQUES

👍 *Les très bonnes performances climatiques permettent de sécuriser la production précoce de plants et d'augmenter son chiffre d'affaire. Faible investissement. Economie d'électricité (moins utilisation des nappes chauffantes).*

👎 *Le risque de manque de lumière (limité) en raison de l'écran thermique et donc de plants étiolés. Le contrôle de l'hygrométrie en période hivernale.*

# SERRE TUNNEL

PATRICIA LENNE VILLELAURE (84)



## PRÉSENTATION DU PROJET AGRICOLE

**LOCALISATION ET CONDITIONS CLIMATIQUES :** Plaine, altitude : 200m, ensoleillé

**PRODUCTIONS :** Plants maraîchers

**TAILLE DE L'EXPLOITATION :** 1 ETP pour une production annuelle en 2018 de 400 000 plants. La moitié de la production étant réalisée entre fin janvier et fin mai 2018

## LA SERRE BIOCLIMATIQUE

<b>MODÈLE</b>	Tunnel	
<b>EMPRISE AU SOL</b>	224 m <sup>2</sup> dans une serre de 350 m <sup>2</sup> (147 m <sup>2</sup> avec bidons)	
<b>ORIENTATION ET SITE DE CONSTRUCTION</b>	Orientation nord-sud, aucun ombrage	
<b>MATÉRIAUX</b>	<b>STRUCTURE</b>	Arceaux métalliques
	<b>MASSE THERMIQUE</b>	Bidons d'eau de 20 L noir
	<b>ENVELOPPE</b>	Simple paroi plastique avec écran thermique
	<b>ISOLATION</b>	Ecran thermique
<b>COÛTS AU M<sup>2</sup></b>	23 € / m <sup>2</sup> hors récupération et main d'oeuvre	

## UTILISATION DE LA SERRE

**DATE DE PREMIÈRE MISE EN CULTURE :** JANVIER 2017

**La production dans la serre bioclimatique est :**

- Février : poireaux, oignons, betteraves, légumes feuilles, fenouils, céleris, ...
- Mars : solanacées, cucurbitacées, poireaux, betteraves, basilic, ...
- Avril : pastèques, ...

La serre permet la production de plants à destination des professionnels. Elle est utilisée de fin janvier à fin mai puis fin août à début novembre. L'agricultrice bénéficie ainsi d'espaces aux caractéristiques différenciées permettant de répondre aux besoins des légumes et à la saison. A partir d'avril, les plants sont ensuite transférés en serre froide.

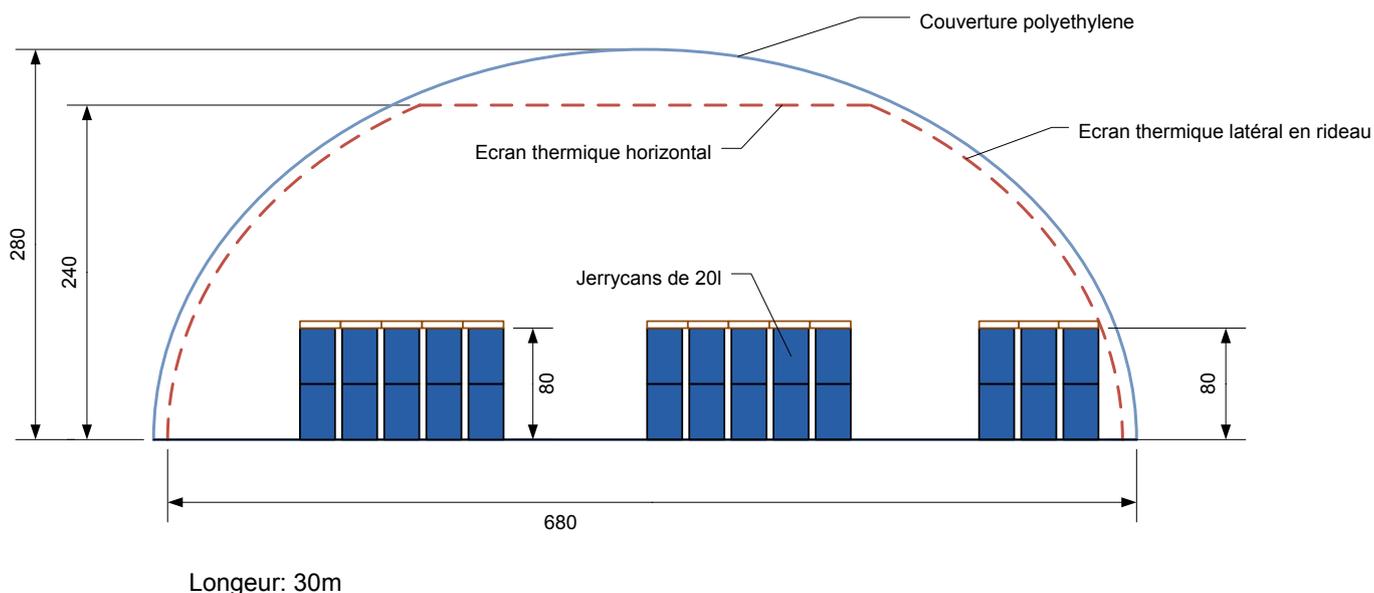
## APPUI FINANCIERS\*

- Coût total de la serre : 5 250 €\*  
- Fonds de dotation (1 600 €)

\* Pour l'achat de matériaux (hors études et conception)

## CONSTRUCTION DE LA SERRE

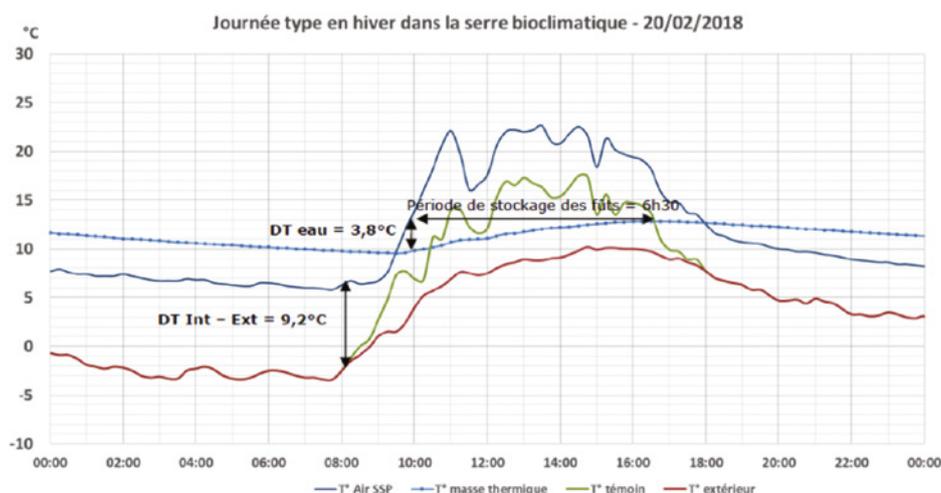
Rénovation d'une serre existante. Temps de travail pour le nivellement et préparation sol, mise en place bâche, isolation, fûts et écran thermique estimé à **80 heures** de travail.



Cette action a été réalisée par l'association Geres, le bureau d'études Agrithermic et le GRAB et soutenue par la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'ADEME et le fonds de dotation Itancia.

## PERFORMANCES THERMIQUES

### PERFORMANCE DE LA SERRE BIOCLIMATIQUE EN SAISON HIVERNALE



- **NOMBRE DE NUITS DE GEL** (du 13/02/18 au 15/05/18)
  - > Serre classique = **5 nuits**
  - > Serre bioclimatique = **0 nuit**
- **ECART MOYEN DE TEMPÉRATURE** intérieur SSP / extérieur = **9.2 °C**
- **PÉRIODE DE STOCKAGE** : **6h30**

## PERFORMANCES ÉCONOMIQUES

La serre bioclimatique a permis de sécuriser la production de plants face aux aléas climatiques et de pérenniser la hausse de production de l'agricultrice de 13% de la production de plants et de 17% du chiffre d'affaires entre 2017 et 2018.

## PERFORMANCES AGRONOMIQUES

- Homogénéité de la germination
- Moins de maladies cryptogamiques
- Gain de précocité de 3 semaines et gain en temps d'élevage de 20 à 30 %

SERRE TÉMOIN



SERRE BIOCLIMATIQUE



## RETOURS DE L'AGRICULTRICE

### AVANTAGES / CONTRAINTES

#### > MODÈLE DE SERRE

👍 *Adapté à la rénovation de la plupart des serres de production de plants sur tablette. Pas de contraintes d'orientation. Pas de contrainte de largeur.*

👎 *La combinaison écran thermique - écarteur de laize nécessite des opérations manuelles pour aérer et ventiler. La mise en place de l'écran thermique peut être compliquée et nécessite la recherche de solution adaptée. Les jerricans sont à acheter neuf. La stabilité des plateaux sur les bidons est à travailler si pas d'utilisation de table. Limitation de l'espace de circulation pour favoriser la surface de pose. Difficulté de nettoyer entre les bidons pour éviter le trop fort développement de la faune et la flore.*

#### > ASPECTS ÉNERGÉTIQUES / CLIMATIQUES

👍 *Bonnes performances thermiques en hiver. La serre n'est jamais descendue sous 3°C lors de la saison de production. Moins de consommation de ressources naturelles en réduisant le nombre de plateaux de terreau ratés jetés.*

👎 *Pas de système de déshumidification. Ventilation contraignante : dans l'état, la serre n'est pas utilisable en été. Utilisation importante de ressources plastiques.*

#### > ASPECTS AGRONOMIQUES

👍 *Sécurité et précocité de la production de plants, notamment en solanacées et cucurbitacées, espèces plus exigeantes en chaleur, mais aussi plus rémunératrices.*

👎 *L'équipement est adapté à la production de plants, pas à la culture en sol.*

*L'agricultrice témoigne d'un véritable confort de travail permis par l'utilisation de la serre bioclimatique.*

« **CELA FAIT MAINTENANT 4 ANS  
QUE JE FONCTIONNE  
AVEC UNE SERRE BIOCLIMATIQUE.  
CE SYSTÈME ME PERMET D'OBTENIR  
DES PLANTS PRÉCOCS,  
DE SÉCURISER MA PRODUCTION  
ET, PLUS LARGEMENT,  
DE PÉRENNISER MON ACTIVITÉ.** »

**Marie Moyet**  
*pépinériste, Aubagne*



## **CONTACT**

**Amélie HIMPENS - Geres**  
a.himpens@geres.eu  
[www.geres.eu](http://www.geres.eu)

**Vincent STAUFFER - Agrithermic**  
v.stauffer@agrithermic.com  
[www.agrithermic.fr](http://www.agrithermic.fr)

**Catherine MAZOLLIER - GRAB**  
catherine.mazollier@grab.fr  
[www.grab.fr](http://www.grab.fr)