

Les serres photovoltaïques : inventaire des installations existantes et bilan agronomique

Catherine MAZOLLIER – GRAB Avignon

Journée régionale Occitanie en maraîchage biologique
Torreilles - 21 novembre 2023



Des surfaces importantes de serres photovoltaïques ont été construites dans le Sud de la France depuis 2010 :

Pourquoi ?

- Progression du nombre de sociétés sur le marché,
- Force commerciale («serres gratuites »)
- Intérêt croissant des maraîchers pour augmenter les surfaces couvertes pour limiter les aléas climatiques : vent, grêle, canicule ...

Pour quels résultats ?

- Des performances agronomiques jugées souvent médiocres,
- Un réel discrédit auprès des maraîchers et des techniciens ...
- Des réticences des pouvoirs publics, malgré la volonté de développer l'électricité renouvelable en France (objectif 40% en 2030)

Quel bilan peut-on dresser aujourd'hui sur les serres photovoltaïques ?

Peu d'études expérimentales fiables, peu d'enquêtes ... sauf

les travaux de l'APREL (2012-2018)
(bilan 2018 sur aprel.fr,
rubrique serres photovoltaïques)

Le rapport de l'Ademe (2021)
(librairie.ademe.fr)



➡ **En 2023**, la structure « La Ceinture Verte » (accompagnement à l'installation en zone périurbaine) a demandé au GRAB une étude des possibilités de l'implantation de Serres PV de petites surfaces en zones péri-urbaines :

➡ **Prospection** (13,84, 83, 30, 66, 24, 47) : entretiens + 20 visites : sociétés, techniciens, maraîchers, structures de recherche (INRAe, Ctifl, APREL, INVENIO)

➤ Quel modèle d'affaires ?

- **l'agriculteur** est propriétaire du terrain
- **le développeur** répond à l'appel d'offre de la CRE (commission de régulation de l'énergie) : il est porteur du projet de serre PV et bénéficie d'un bail emphytéotique (loyer faible ou = 0)
- La serre PV est utilisable gratuitement par l'agriculteur et il en sera propriétaire au terme du bail (durée 20 à 30 ans)

➤ Qui paie quoi ?

- **le développeur** prend en charge la construction de la serre
- **l'agriculteur** paie les aménagements intérieurs : irrigation, aérations latérales et portes supplémentaires, palissage ... et parfois le terrassement et la récupération des eaux pluviales

Faisabilité des serres PV

5

Le développeur doit réaliser une étude de faisabilité avec 4 volets :

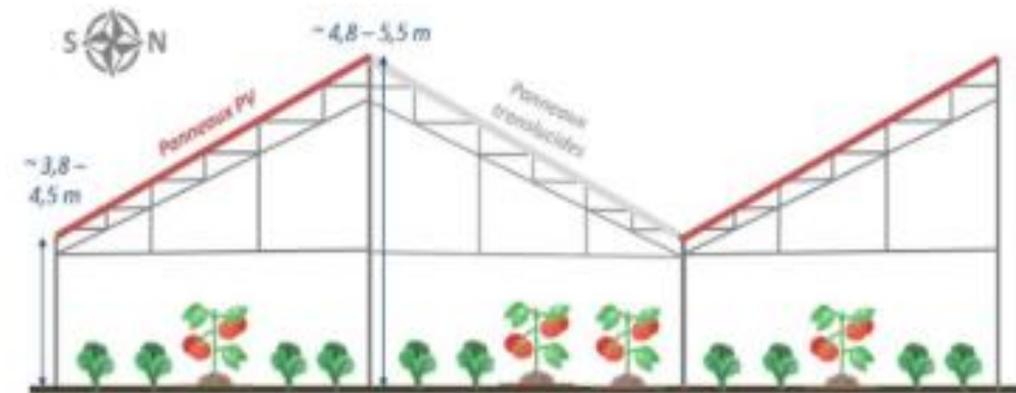
- **Volet urbanisme** : permis de construire compatible avec le SCOT & le PLU
- **Volet environnement** : pas d'enjeu environnemental rédhibitoire : zone inondable, espèces protégées, monument historique proche ...
- **Volet raccordement au réseau électrique** : proximité du raccordement
- **Volet agricole** :
 - La serre PV permettra-t-elle une production viable ?
 - L'agriculteur a-t-il les compétences et les débouchés commerciaux ?
 - Comment sera – t-il accompagné techniquement ?

Quels modèles de serres ? (1)

6

Serres multi-chapelles : modèle le plus courant

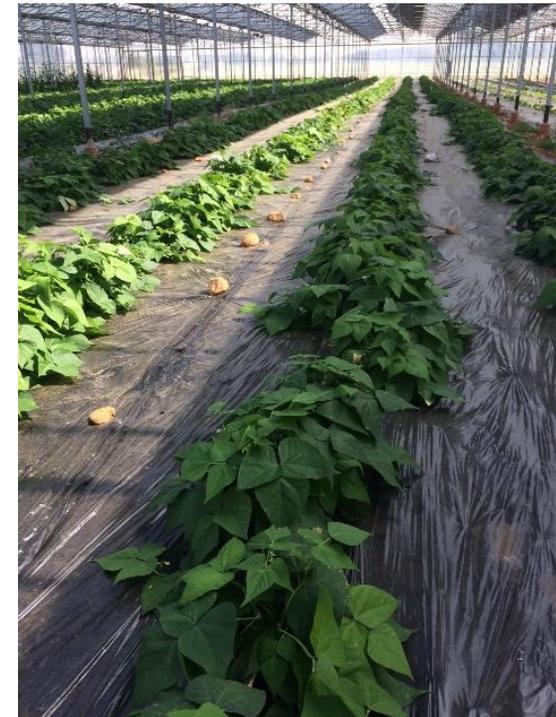
- Surface : de 1,5 à 3 ha, selon ensoleillement local et distance de raccordement au réseau
- Les modules PV remplacent les verres sur 50% de la surface
- 3 types de serres multichapelles :
 - Serres orientées EST-OUEST & modules fixes sur les versants Sud : ouvrants sur versants Nord : c'est le modèle le plus courant : **Redensolar, Tenenergy, Whatt &Co, Technique Solaire, Insolight, ...**



Quels modèles de serres ? (2)

7

- 3 types de serres multichapelles (suite) :
 - Serres orientées NORD SUD & modules mobiles sur ouvrants continus au faitage donc orientés Est-Ouest : les modules sont pilotés pour s'orienter de façon optimale selon la lumière donc l'aération n'est pas gérée par l'agriculteur : **URBASOLAR** (Li)



Quels modèles de serres ? (3)

8

- 3 types de serres multichapelles (suite) :
 - **Serres orientées NORD SUD avec des modules mobiles MAIS fixés sur des supports (trackers) fixés au dessus de la serre et orientables selon la lumière : **SUNAGRI****
serre INRAe Alénya



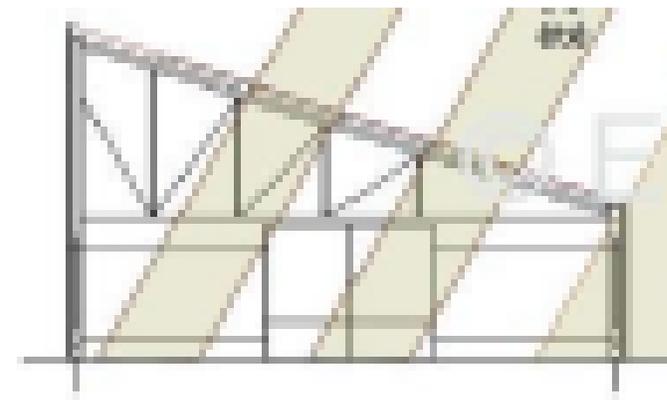
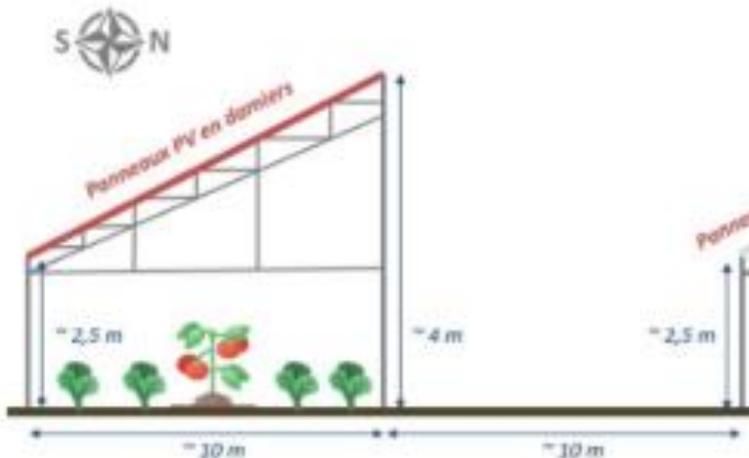
serre Ba



Quels modèles de serres ? (4)

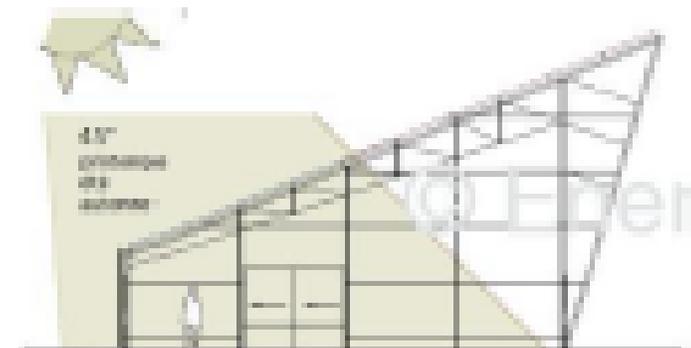
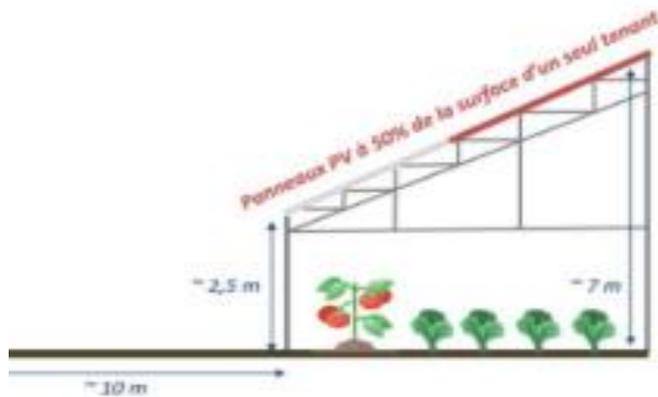
Serres mono-chapelles (1) :

- serres d'environ 800 m², orientées Est Ouest
- Largeur 9,60-12 m – longueur 70-80 m – distance 10-20 m entre modules
- les panneaux PV remplacent les verres sur **+ de 60%** de la surface
- 2 types de serres mono-chapelles (1) :
 - Serre à damiers : proposée vers 2010 (Ennerimo) :
80% de la surface en panneaux ! très forte perte de luminosité :
donc résultats médiocres (APREL) : *ce modèle n'est plus proposé*



Serres mono-chapelles (2) :

- 2 types de serres mono-chapelles (2) :
 - Serre « déportée » : sociétés **Ennerimo, Whattgroup, Amarenco ...**
60% de la surface en panneaux (bande Nord de la toiture) :
La surface de serres varie selon les maraîchers, les sociétés, et la proximité du raccordement : exemples de sites visités :
 - 1 site de 1,7 ha (Ennerimo) à Perpignan (21 serres)
 - 3 sites avec 1 à 3 serres de 800 m² dans les Bouches du Rhône



Quels modèles de serres ? (6)

Serres mono-chapelles (3) : Ennerimo

Mi



Cl



Quels modèles de serres ? (7)

Serres mono-chapelles (4) : Whattgroup (Ger)



Quels investissements pour le maraîcher ?

13

la serre PV n'est pas gratuite !

Reste à charge pour le maraîcher :

- Terrassement et bassin de rétention des eaux de pluies : à négocier
- Des aérations latérales supplémentaires et/ou plus solides car les aérations de base sont parfois insuffisantes et/ou fragiles (exemple : plastique sur enrouleur et filets brise-vent)
- Portes : nombre, largeur & hauteur pas toujours suffisantes ...
- Equipements de culture : irrigation (aspersion et goutte à goutte), dispositif de palissage

Ces investissements risquent d'être coûteux pour les multichapelles qui occupent généralement au minimum 1,5 ha !

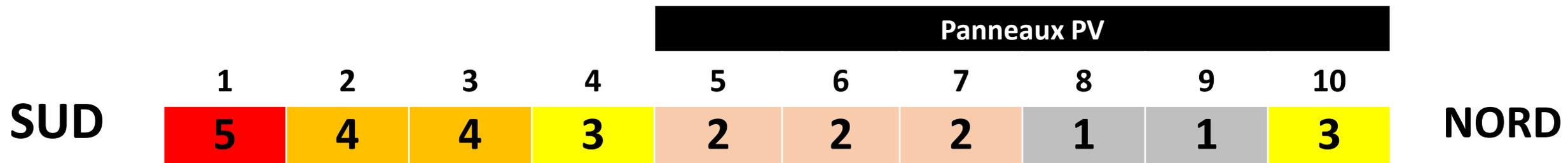
Performances lumineuses

- Pour toutes les serres PV, sauf qq modèles récents :

Les panneaux sont totalement opaques, et recouvrent 50% (multich.) ou 60% (monochapelles), ce qui induit une perte lumineuse forte !

- Les mesures de l'APREL en serres PV multichapelles ont montré :
 - Que la perte lumineuse est d'environ 40% par rapport à un tunnel
 - Que la répartition de la lumière est hétérogène selon les zones.
- Les observations réalisées par le GRAB en serres PV monochapelles en été ont montré un gradient lumineux sur la largeur de la serre , (soleil au zénith en été donc effet > d'ombrage des panneaux)

Ci-dessous : estimation (1 à 5) de la lumière reçue par les plantes (10 lignes)



Performances agronomiques (1)

15

Pour toutes les serres PV (sauf les modèles récents) :

- La luminosité inférieure & + hétérogène (ds le temps et l'espace) induit :
 - Une moindre photosynthèse (surtout les journées couvertes !)
 - Des températures d'ambiance et de sol plus faibles
- Pour les multichapelles avec les panneaux sur les ouvrants (Urbasolar), l'aération des serres est pilotée pour optimiser l'orientation des panneaux, ce qui peut induire des aérations inadaptées pour les cultures :
 - serres ouvertes en périodes froides,
 - ou au contraire fermées en période chaude ou humide
- Pour les monochapelles, la perte de luminosité est moins marquée en hiver (soleil rasant) qu'au printemps-été (soleil au zénith) :
 - en été, certains maraîchers ne cultivent que les 60% de la serre, côté Sud

Performances agronomiques (2)

16

- Croissance plus lente (lumière et chaleur <)
- Désordres physiologiques couramment observés :
 - Floraison & nouaison réduites : poivron, aubergine, fraise, melon, courgette
 - Entrenœuds plus longs donc travail > de palissage
 - Défauts de pommaison en salades (sauf sucrines/rougettes ?)
 - Risques de coups de soleil sur fruits car blanchiment impossible
 - Pollinisation moins bonne : abeilles et bourdons perturbés ?
 - Entrée des auxiliaires ?
 - Qualité gustative inférieure ?
- Conséquences sanitaires : risques > souvent cités :

Pucerons, Oïdium, Botrytis, Sclerotinia ...

Performances agronomiques (3)

17

Peu de cultures adaptées donc faible diversité de cultures :
rotations plus limitées que dans les serres classiques,

Quelles possibilités de faire des solarisations et des engrais verts ?

■ Conséquences agronomiques couramment observées :

➤ Production plus tardive : car plantation + tardive et croissance + lente

➤ Perte de rendement car durée de culture < , couleurs > et calibre < :

Ces pertes peuvent être estimées à 50% en moyenne (étude APREL)

mais semblent varier fortement selon les cultures :

• Cultures d'hiver :

- les plus impactées : **salade, fenouil, chou-rave, radis, mini-blette, céleri**

- les moins impactées : **mâche, épinard, blette**

• Cultures d'été :

- les plus impactées : **poivron, aubergine, fraise, melon, courgette**

- les moins impactées : **tomate, haricot, concombre, pois (?), aromatiques**

• Autres cultures : **asperge (petit calibre), framboise (?), avocat (?), fleurs (?) ...**

Quelles pratiques améliorantes ? (1)

■ Négocier des aménagements ou les auto-financer (!)

- Les serres + hautes sont + lumineuses : 5 m au cheneau mieux que 4 m !
- Améliorer l'aération des serres (ouvrants latéraux) :
les serres sont souvent proposées avec une aération latérale insuffisante

■ S'adapter à la perte de luminosité :

- Pas de plantation en jours courts,
 - donc plantations + tardives au printemps (2 à 4 semaines ?)
 - et plus précoces à l'automne : septembre-début octobre
- Réduire les densités de culture (de 30% ?)
- Ne pas cultiver les zones sombres de la serre ?
pratique réalisée en cultures de printemps/été en serre monochapelle
- Favoriser la réflexion de la lumière : paillage blanc, structures blanches

Quelles pratiques améliorantes ? (2)

19

- Choisir les **cultures** les moins impactées (les + « nordiques » ?)

- Rechercher les **variétés** les + adaptées :

chercher des références variétales + « nordiques » !

En fraise, INVENIO a montré une perte de rendement en serre PV de 35% en Garriguette contre 65% en Ciflorette

- Adapter la **fertilisation azotée** et l'irrigation ?

Pour limiter le développement végétatif et favoriser la floraison et la nouaison, il est nécessaire (mais pas suffisant !) de réduire la fertilisation azotée et l'irrigation

Les essais APREL sur ce thème n'ont pas apporté d'amélioration en poivron...

- Beaucoup d'études sont à réaliser ...

Par qui ? Avec quels financements ? Publics ? Privés ?

Et dans quels modèles de serres ? Face à l'évolution des technologies, les essais récents ou actuels seront vite obsolètes ...

Quelques points de vigilance ?

Ne pas prendre des décisions à la hâte ...

- **Ne pas démonter des tunnels pour construire une serre PV !**
- **Zone de construction** : plate, non inondable (sinon refus permis) ...
- **Quelle surface acceptable ?** pas surdimensionnée par rapport au coût des aménagements intérieurs, au travail, aux débouchés ...
- **Pour les monochapelles** : elles seront espacées de bandes de 10 à 20 m de largeur pour limiter l'ombre portée : surface perdue ? Ou cultivée ? (légumes de plein champ, bandes fleuries, petits arbres fruitiers ?)
- **Quelle fin de vie des serres ?**
A la fin du bail emphytéotique, le maraicher devient propriétaire des serres...
 - il pourra alors vendre l'électricité
 - Mais faudra-t-il remplacer les modules PV ?

- **Pour les plannings de production, un outil intermédiaire entre les serres classiques (tunnels ou multichapelles) et le plein champ ?**
- **Un outil presque gratuit ?** qui permet de protéger les cultures des aléas climatiques ? Gel, froid, vent, grêle, fortes chaleurs ...
- **Une meilleure protection contre les maladies** favorisées par les pluies ? mildiou, bactérioses, anthracnose ...
- **Des atouts indéniables :**
 - De meilleures conditions de travail à l'abri des aléas climatiques : confort, souplesse, déplacements ...
 - La possibilité de dédier une partie de la serre PV à une zone logistique dédiée au lavage et au conditionnement (zone alors complètement recouverte de panneaux PV)

Des perspectives optimistes ?

- Face au discrédit des serres PV, des sociétés proposent désormais des serres (multichapelles seulement) avec des panneaux **diffusants** qui limitent la perte lumineuse :
 - Les panneaux sont **bifaciaux**, avec des cellules sur les 2 faces : les cellules de la face inférieure captent le rayonnement réfléchi par le sol (albédo) ce qui améliore d'environ 20% leur rendement : la surface occultée est diminuée ce qui limite la perte lumineuse
 - La face supérieure du panneau (appelée backsheet) est **transparente** ce qui améliore la lumière et la transmission lumineuse (donc le rendement des cellules bifaciales).

Ces technologies sont actuellement développées par les sociétés :

Insolight, Redensolar, Urbasolar ...

Elles semblent apporter un réel progrès en termes de luminosité !

Des perspectives optimistes ?

Les nouvelles serres multichapelles semblent réellement prometteuses en termes de gain de lumière : **Insolight, Redensolar, Urbasolar**

Ancienne conception



Redensolar 2011 (AY)



Urbasolar 2019 (LI) : SERRISOL



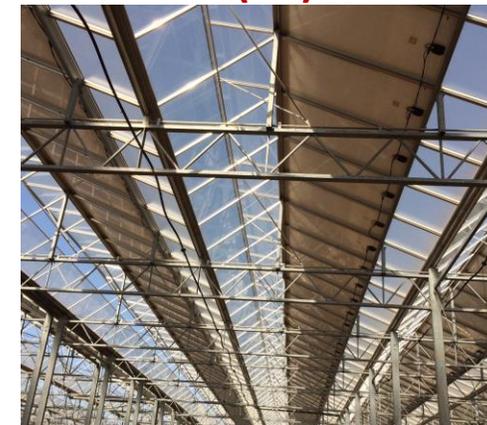
nouvelle conception



Redensolar 2020 (AB)



Urbasolar 2020 (Be) : SERRILUX



CONCLUSION : les serres photovoltaïques :

De réelles opportunités, mais ...

- des charges élevées d'aménagement pour les grandes serres PV

- des rendements encore faibles

- pour des charges directes aussi élevées qu'en serres classiques

- peu de souplesse d'utilisation : rotations, solarisation, engrais verts ?

Les serres mono-chapelles permettent de concevoir des projets sur des petites surfaces (>1000 m²) mais elles sont sombres (60% d'occultation) et elles restent des équipements peu polyvalents



Journée régionale Occitanie en maraîchage biologique
Torreilles - 21 novembre 2023

