



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
BOUCHES-DU-RHÔNE

Evaluation des performances énergétiques en tomates sous serres chauffées

PRESENTATION DE CAS-TYPES « SERRES ET ENERGIE »
POUR LA PRODUCTION DE TOMATES
SOUS SERRES CHAUFFEES EN PROVENCE



PRESENTATION ET METHODOLOGIE

Contexte

Le paysage des exploitations de serristes est relativement hétérogène de par les superficies des serres, leurs âges et les stratégies de production choisies. Le chauffage des serres permet de planter et produire des tomates en plein hiver et d'être précoce sur les marchés. La place toujours prépondérante des enjeux énergétiques et cette diversité des types d'exploitations ont nécessité de caractériser le parc afin de permettre à chacun d'accompagner ses choix stratégiques.



Méthodologie

L'enquête, réalisée auprès de 18 serristes répartis entre les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse, a été mise en place en partenariat avec le centre Ctifl de Balandran qui a réalisé, à la même période, une enquête nationale sur la filière. L'objectif principal était de caractériser l'efficacité de fonctionnement des équipements et de valorisation de l'énergie en fonction des différentes caractéristiques des serres. **L'âge des serres est un critère prépondérant qui a été estimé représentatif du niveau d'équipement technologique.**

Dans l'idéal, il aurait été intéressant de pouvoir directement comparer la performance énergétique entre une serre récente et une serre ancienne, mais les exploitations ont souvent plusieurs types de serres (allant de 1960 à 2015). Ces dernières ne sont pas équipées de compteurs de calories permettant de distinguer clairement les consommations énergétiques de chaque serre. Ces limites nous ont ainsi amené à définir **trois cas types**. 6 serristes ont été enquêtés pour chaque cas-type.

Les pourcentages et chiffres affichés dans l'ensemble des tableaux présents dans cette plaquette sont représentatifs de l'échantillon enquêté. Ils sont issus des moyennes pondérées en fonction des superficies de serres. Des fourchettes ont été ajoutées afin de représenter la diversité des cas. Un glossaire présente les mots clés (indiqués par un astérisque) en fin de document.

Les cas-types

Cas-type A

Date de construction des serres	2009 [2001 - 2015]
Superficie globale (ha)	4,5 [2 - 6,5]
dont multi-chapelles plastiques	0%
dont serres verres rehaussées	0%
dont serres fermées	30%
Part de production hors sol	100%
Nombre d'ETP (ETP/ha)	6,7
Part d'adhésion à une OP	100%
Rdt moyen des tomates (kg/m ²)	52 Toutes variétés confondues [46 - 60]
Part de tomate vrac	0%
Part de tomate grappe	96%
Part de tomate diversification*	4%

Calendrier de production

- Soit début novembre pour une entrée en production début février
- Soit début août pour une entrée en production début octobre

Cas-type B

Date de construction des serres	1997 [1974-2015]
Superficie globale (ha)	3,9 [2 - 6]
dont multi-chapelles plastiques	0%
dont serres verres rehaussées	25%
dont serres fermées	30%
Part de production hors sol	89%
Nombre d'ETP (ETP/ha)	5,8
Part d'adhésion à une OP	50%
Rdt moyen des tomates (kg/m ²)	43,5 Toutes variétés confondues [32 - 56]
Part de tomate vrac	2%
Part de tomate grappe	71%
Part de tomate diversification*	27%

Calendrier de production

- Soit début novembre pour une entrée en production début février
- Soit début août pour une entrée en production début octobre

Cas-type C

Date de construction des serres	1979 [1960-1988]
Superficie globale (ha)	2,1 [1,5-3]
dont multi-chapelles plastiques	28%
dont serres verres rehaussées	61%
dont serres fermées	0%
Part de production hors sol	92%
Nombre d'ETP (ETP/ha)	5,8
Part d'adhésion à une OP	50%
Rdt moyen des tomates (kg/m ²)	31,5 Toutes variétés confondues [25-43]
Part de tomate vrac	32%
Part de tomate grappe	27%
Part de tomate diversification*	41%

Calendrier de production

Plantation plus tardive (décembre à février) pour limiter les coûts de chauffage

LES SERRES RETENUES DANS LES CAS-TYPES

L'âge moyen des serres présentes sur les exploitations traduit les disparités entre chaque cas-type. Bien que certaines serres anciennes aient été rehaussées, les hauteurs sous chéneau et les largeurs des vitres attestent de véritables différences entre ces outils.

	Caractéristiques générales		
	A	B	C
Hauteur sous chéneau (m)	6,4 [4,5 - 7,5]	5 [2,8 - 6,5]	3,6 [2,2 - 4,8]
Largeur des vitres (cm)	129 [105 - 135]	100 [60 - 125]	80 [60 - 100]

Les serres récentes : une amélioration de la performance

L'optimisation de l'intensité lumineuse et d'un climat adapté influence directement le développement des plantes et la production des fruits. Les évolutions technologiques des serres (hauteur, largeur de vitres, meilleure étanchéité, augmentation des volumes, nouveaux équipements...) ont ainsi permis :



- d'accroître la luminosité
- d'optimiser la gestion du climat
- de gagner en précocité et d'allonger les calendriers de production,
- d'accroître les rendements.

Les serres modernes valorisent mieux l'énergie et les intrants. Elles donnent aussi plus de confort à la production puisque les plantes sont situées à hauteur d'homme pour effectuer les différents

travaux. 100% des serristes du cas-type A recyclent les eaux de drainage et réduisent ainsi les apports de nitrate dans l'environnement et réalisent des économies sur les engrais.

Les serres semi-fermées à la pointe de la technologie

Comme leur nom l'évoque, la gestion du climat et de la déshumidification ne passe plus par l'ouverture en toiture, mais par un corridor externe qui permet un brassage de l'air avec l'extérieur. En comparaison avec une serre témoin, le CTIFL a observé une réduction des coûts de fonctionnement (-1 €/m²), une augmentation des rendements et du chiffre d'affaire (+3,5 €/m²)¹. Compte tenu du surcoût de l'équipement, le temps de retour sur investissement est estimé à moins de 7 ans. De plus, la serre semi-fermée permet de se prémunir de problématiques sanitaires importantes dues à l'entrée d'insectes ravageurs provenant de l'extérieur, et de réduire ainsi l'utilisation de produits phytosanitaires.



¹ LE QUILLEC S. & al. (Ctifl) ; *Efficienc e énergétique en tomate hors sol – Des résultats probants de la nouvelle serre d'expérimentation ; Infos Ctifl n°317, décembre 2015.*

Niveau d'équipements des serres en 2015				
		A	B	C
Superficies de serres semi-fermées en culture				
	%	30%	5%	0%
Chaudière				
Puissance des chaudières	MW/ha	2 [1 - 3,3]	1,9 [1,6 - 2,7]	1,9 [1,1 - 3,7]
Chaudière gaz	%	87%	100%	75%
Chaudière bois	%	13%	0%	25%
Cogénération*				
Superficies	%	58%	76%	0%
Equipements améliorant la performance énergétique				
Ballon de stockage*	%	100%	100%	50%
Capacité du ballon	m ³ /ha	340 [180 - 760]	270 [170 - 330]	275 [160 - 850]
Ecran thermique*	%	100%	91%	82%
Utilisation en économie d'énergie principalement	%	41%	65%	82%
Utilisation énergie et ombrage	%	59%	26%	0%
Isolation des parois	%	0%	55%	58%
Intégration des températures*	%	93%	37%	23%

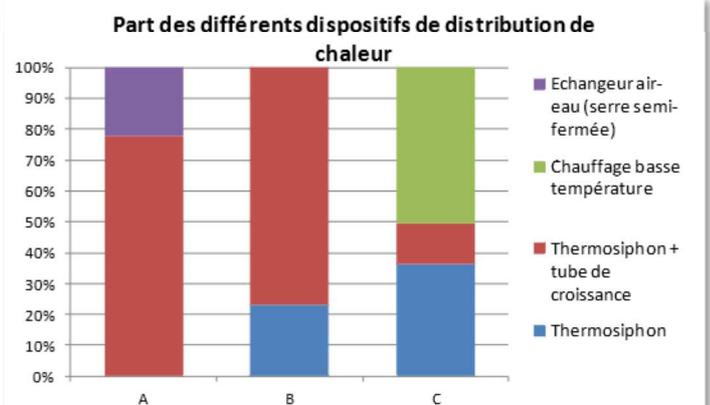
LES EQUIPEMENTS ENERGETIQUES DES SERRES

Au-delà du prix de vente des productions qui dépend du marché, la rentabilité des exploitations en tomates sous serres chauffées repose aussi sur l'évolution du coût de l'énergie. **Les serristes recherchent donc continuellement des pistes pour limiter leur consommation énergétique, principalement liée au chauffage.**



Les investissements dans des équipements permettant de réaliser des économies d'énergie sont systématiques pour les serres récentes et bien développés dans les serres plus anciennes.

A titre d'exemple, les écrans thermiques sont toujours présents quand la hauteur des serres le permet. Les volumes des ballons de stockage (Open Buffer) sont de plus en plus importants. Certains serristes anticipent et s'équipent en prévision de l'implantation de futures serres.



Des chaufferies biomasse pour réduire le coût de l'énergie

Un intérêt s'est porté sur l'installation de chaudières bois permettant de valoriser principalement des déchets de bois broyés. Les coûts d'approvisionnement dépendent de la qualité et de la période de livraison. Pour ceux qui peuvent stocker, l'achat en été permet de bénéficier de tarifs réduits. Les charges de suivi et de maintenance restent toutefois nettement plus importantes que pour une chaudière classique. Avec l'ouverture localement de plusieurs centrales biomasse de dimensions importantes, il devient nécessaire de sécuriser les prix et volumes via la signature de contrats avec les fournisseurs.



Zoom sur la cogénération au gaz naturel



La cogénération* est un système gagnant-gagnant qui permet à la fois de produire de l'électricité sur un territoire et de fournir de la chaleur fatale* aux serristes raccordés à moindre coût sur les périodes hivernales.

Le contrat C13* a permis de sécuriser les tarifs d'achat de l'électricité sur une durée de 12 ans, favorisant ainsi le déploiement de nombreux projets en Provence ces dernières années. L'intérêt reste, pour autant, lié au tarif de raccordement au réseau électrique qui peut parfois compromettre un projet.

Compte tenu des calendriers de culture, ce sont majoritairement les serres des cas-types A et B qui sont raccordées.

Dans l'échantillon enquêté, le raccordement de la cogénération en cours de campagne et des problèmes de fonctionnement ont impliqué une moindre efficacité du système.

En fonctionnement classique, « la cogénération assure environ 95% des besoins énergétiques sur la période de novembre à mars et environ 60% sur l'année complète »². Le tableau ci-contre présente un prévisionnel théorique basé sur l'hypothèse d'un fonctionnement optimal des cogénérations raccordées aux serristes enquêtés.

Prévisionnel théorique local		
Prix d'achat d'une	€/ha	450 000
cogénération*	€/MWe	950 000
Puissance installée		
thermique	MWth/ha	0,55
électrique	MWe/ha	0,48
Rendement énergétique		
thermique / PCI*	%	50%
électrique / PCI*	%	44%
total / PCI*	%	94%
Calcul économique théorique		
Consommation totale gaz PCI*	kWh/m ²	338
Prix du gaz (PCS*)	€/MWh	28
	€/m ²	10,50
Prix de rachat de l'électricité	€/MWh	122
	€/m ²	18,50
Crédit bail	€/m ²	3,50
Frais de maintenance	€/m ²	2,00
Charges diverses	€/m ²	0,50

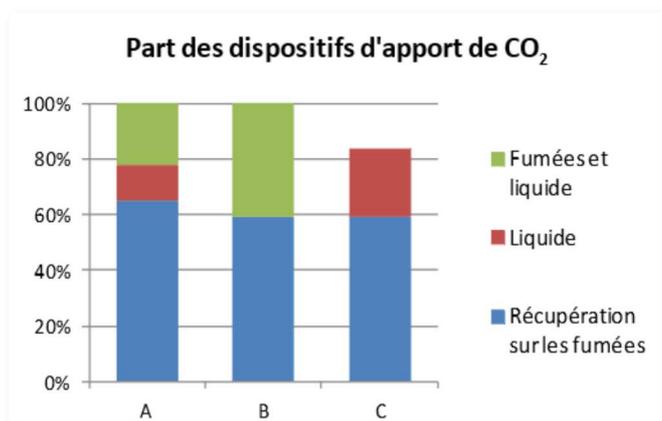
Consommations électriques

		Electricité		
		A	B	C
Puissance souscrite	kVA/ha	60 [15 - 130]	23 [15 - 50]	42 [30 - 67]
Consommation	kWh/m ²	15,5 [8 - 28]	7,5 [2 - 17]	6 [3 - 8]
Coût	c€/kWh	9,3	10	11,2

L'électricité représente une part beaucoup moins importante des consommations que le chauffage. Les puissances souscrites et les consommations sont plus importantes pour le cas-type A puisque les serres semi-fermées ont des besoins bien plus importants en termes de ventilation pour assurer le maintien du climat idéal que dans une serre classique.

²GRISEY A., BRAJEUL E. (Ctifl), CANAL P. (Club Cogé ATEE) ; Chauffer les serres maraichères – La cogénération, un système efficient en développement ; Infos Ctifl n°324, septembre 2016.

Apport de CO₂



L'apport de CO₂ permet un meilleur développement des plants et une augmentation du nombre et du poids des fruits.

Le CO₂ apporté peut être :

- récupéré sur les fumées des chaudières gaz les plus récentes ou sur les cogénérations ce qui réduit les charges d'intrants,
- acheté sous forme liquide.

L'usage de CO₂ liquide se justifie soit par l'absence de récupération sur les fumées, soit pour apporter du CO₂ hors période de chauffage (printemps – été).

Consommations énergétiques globales

Les consommations énergétiques moyennes rapportées à la superficie, de l'ordre de 280 à 300 kWh/m² pour les cas-types A et B, permettent d'obtenir des rendements jusqu'à 60 kg/m² en tomate grappe sous des serres récentes. L'efficacité énergétique moyenne du cas-type A est bien meilleure que celle du cas-type B, où le chauffage est utilisé en partie dans des serres anciennes, en comparaison moins bien isolées et moins productives.

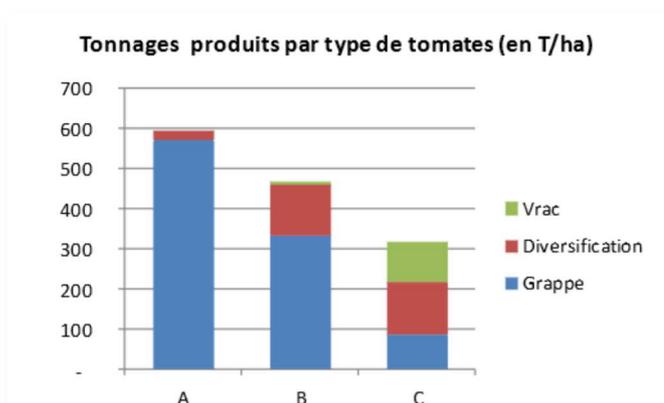
Avec une consommation moyenne de 165 kWh/m², le cas-type C a réduit son coût de chauffage, principalement en décalant les périodes de productions. Les rendements sont ainsi réduits à environ 32 kg/m², et la mise en marché est plus tardive et donc moins rémunératrice.

Consommations énergétiques totales			
	A	B	C
Consommation énergétique kWh/m ²	282 [230 - 330]	306 [230 - 340]	164 [105 - 255]
Rendement des cultures kg/m ²	52 [46 - 60]	43,5 [32 - 56]	31,5 [25 - 43]
Efficacité énergétique kWh/kg	5,5 [4,3 - 6,8]	7,2 [5,2 - 9,5]	5,5 [2,9 - 8,1]

Coûts liés à l'énergie			
	A	B	C
Coût du chauffage (yc cogénération et bois) €/m ²	6,30	8,1	4,85
Coût de l'électricité €/m ²	1,44	0,68	0,67
Coût du CO ₂ liquide €/m ²	0,78	0,25	0,4
€/m ²	8,52	9,03	5,92
Coût total de l'énergie €/kg	0,16	0,21	0,19

Quelque soit le cas-type, les dépenses énergétiques représentent environ 20% des charges de production directes. Le raccordement à une cogénération permet cependant de réduire les charges énergétiques.

Les cultures réalisées



Les stratégies des serristes des cas-types A et B permettent à la filière provençale d'être présente sur le marché toute l'année, tout en valorisant les productions à des prix intéressants sur la période hivernale. Les rendements globaux des cultures sont bien plus importants chez les producteurs du cas-type A sous serres récentes que sous des serres anciennes (cas-type C). Par ailleurs, on note que les serristes du cas-type C ont une part de production en vrac beaucoup plus importante, ce qui implique un prix de vente moins intéressant.

DYNAMIQUE EN COURS

Afin d'optimiser leurs consommations énergétiques, l'ensemble des serristes des cas-types A et B est raccordé à une cogénération ou prévoit de l'être. Ceci afin de réduire les coûts de chauffage sur les périodes où les besoins sont les plus forts. En outre, si les dispositifs financiers le permettent, certains serristes, représentés notamment dans le cas-type B, prévoient de remplacer des serres anciennes par des neuves. Malgré le surcoût, les serres semi-fermées intéressent les exploitants afin de faire face aux problématiques sanitaires principalement. Plusieurs d'entre eux s'équipent ou prévoient de s'équiper avec ce type d'outil, comme le montre le tableau ci-dessous.

Sauf exception, la plupart des serristes du cas-type C ne souhaitent pas acquérir de nouvelles serres compte tenu de l'importance des investissements nécessaires. En lien direct avec le coût de l'énergie, les tendances sont au maintien de l'activité tel quelle, voire au retour en sol avec des variétés et des productions plus diversifiées, pas nécessairement seulement en tomate. Cependant, en 2017, un des 6 serristes du cas-type C investit dans une serre semi-fermée raccordée à une cogénération, ce qui le ferait ainsi basculer dans le cas-type B.

Niveau d'équipement des serres - prévision 2017			
	A	B	C
Superficies de serres semi-fermées	34%	5%	20%
Superficies de serres raccordées à des cogénérations	78%	86%	29%



CONTACTS :

Thibault Juvénal – pôle environnement

t.juvenal@bouches-du-rhone.chambagri.fr - 04 42 23 86 66 / 06 48 19 80 60

Anne Terrentroy – pôle maraichage

a.terrentroy@bouches-du-rhone.chambagri.fr – 04 42 23 86 57 / 06 73 27 83 59

Glossaire

Ballon de stockage : Les serristes injectent du CO₂ dans les serres durant la journée pour optimiser la photosynthèse et favoriser la croissance des plantes. La technique la plus courante est d'utiliser le CO₂ provenant des gaz issus de combustion. Le stockage d'eau chaude produite par la chaudière durant la journée permet d'optimiser le système en utilisant le CO₂ la journée et en valorisant l'énergie disponible la nuit.

Cogénération : La cogénération est un système qui permet la production simultanée de deux formes d'énergie différentes dans une même centrale. Le cas le plus fréquent est la production d'électricité et de chaleur issue de la production électrique.

Contrat C13 : Ce contrat a permis aux gestionnaires de cogénération de garantir un équilibre économique et une bonne visibilité sur les prix d'achat de l'électricité. Le C13 s'est terminé et sera remplacé par le C16.

Ecran thermique : Ce sont des toiles tissées constituées de matériaux divers qui permettent de réduire les pertes thermiques de la serre la nuit et le matin. Ces écrans peuvent aussi servir d'ombrage pour limiter l'élévation trop rapide de la température lors d'un fort ensoleillement.

Energie fatale : Il s'agit de l'énergie produite par un processus dont la finalité n'est pas la production de cette énergie. Celle-ci peut être récupérée et/ou valorisée in situ ou notamment pour le chauffage des serres.

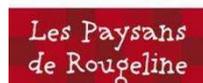
Intégration des températures : Le principe de l'intégration de température est basé sur la capacité des cultures à tolérer des déviations de températures instantanées relativement importantes par rapport à l'optimum. Il s'agit de profiter de l'énergie solaire « gratuite » lors de journées ensoleillées. Le surplus de température de jour ainsi obtenu est compensé par des températures de nuit plus faibles, quand les températures extérieures sont froides et que l'énergie nécessaire au maintien des températures est coûteuse. Cette stratégie se raisonne sur 24 heures.

PCI : Le Pouvoir Calorifique Inférieur d'un combustible indique la quantité de chaleur qu'il va libérer lors de la combustion par unité de volume ou de masse. Les chaudières ne transmettent à l'eau qu'une partie de l'énergie chaleur délivrée par le combustible. Leur rendement sur le PCI se calcule par comparaison entre la chaleur fournie à l'eau et celle libérée lors de la combustion.

PCS : Le Pouvoir Calorifique Supérieur correspond à l'énergie dégagée par un combustible en récupérant la chaleur latente de la vapeur d'eau produite par la combustion.

Tomates de diversification : Tomates cerises, côtelées, cœur de bœuf...

Nous tenons à remercier l'ensemble des personnes enquêtées qui ont donné du temps et des informations indispensables pour permettre la réalisation de cette étude, ainsi que le Ctifl, l'OP Les Paysans de Rougeline et le pôle économie de la Chambre d'agriculture.



Réalisation : Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône / Crédits photo : Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône, Ctifl

Avec la participation financière de :

