

Certificats d'économies d'énergie

Fiche de calcul – Opération n° AGRI-TH-108

Pompe à chaleur de type air/eau ou eau/eau

A - SECTEUR D'APPLICATION

Agriculture : serres maraîchères et horticoles neuves ou existantes.

B – DENOMINATION DE L'OPERATION

Mise en place d'une pompe à chaleur (PAC) de type eau/eau ou air/eau pour le chauffage de serres maraîchères et horticoles.

C - CONDITIONS POUR LA DELIVRANCE DE CERTIFICATS

La mise en place est réalisée par un professionnel.

Pour les opérations engagées du 01/01/2015 au 25/09/2015 :

Le coefficient de performance (COP) est mesuré conformément aux conditions de performance nominales de la norme EN 14511-2 pour une température à la sortie de l'échangeur thermique intérieur de 35°C.

Le COP est égal ou supérieur à 3,4.

Pour les opérations engagées à partir du 26/09/2015 :

Cas d'une PAC de puissance thermique nominale ≤ 400 kW :

- Pour les opérations engagées du 26/09/2015 au 25/09/2017 :

L'efficacité énergétique saisonnière (E_{tas}) selon le règlement (EU) n° 813/2013 de la commission du 2 août 2013 est supérieure ou égale à :

- 102% pour les PAC moyenne et haute température,
- 117% pour les PAC basse température.

- Pour les opérations engagées à partir du 26/09/2017 :

L'efficacité énergétique saisonnière (E_{tas}) selon le règlement (EU) n° 813/2013 de la commission du 2 août 2013 est supérieure ou égale à :

- 111% pour les PAC moyenne et haute température,
- 126% pour les PAC basse température.

Cas d'une PAC de puissance thermique nominale > 400 kW :

Le coefficient de performance (COP) est mesuré conformément aux conditions de performance nominales de la norme EN 14511-2 pour une température à la sortie de l'échangeur thermique intérieur de 35°C.

Le COP est égal ou supérieur à 3,4.

Quelle que soit la date d'engagement de l'opération :

La preuve de la réalisation de l'opération mentionne :

- la mise en place d'une pompe à chaleur air/eau ou eau/eau ;
- pour les opérations engagées à partir du 26/09/2015, la puissance thermique de la pompe à chaleur et pour les PAC de puissance thermique ≤ 400 kW, le type de pompe à chaleur (basse, moyenne ou haute température) ;
- la performance énergétique de l'équipement installé : selon la date d'engagement de l'opération et la puissance thermique de la pompe à chaleur, le COP mesuré selon la norme EN 14511-2 pour une température à la sortie de l'échangeur thermique intérieur de 35°C, ou l'efficacité énergétique saisonnière (Etas) mesurée conformément au règlement (EU) n°813/2013.

A défaut, la preuve de réalisation de l'opération mentionne la mise en place d'un équipement avec ses marque et référence et elle est complétée par un document issu du fabricant ou d'un organisme établi dans l'Espace économique européen et accrédité selon la norme NF EN 45011 par le Comité français d'accréditation (COFRAC) ou tout autre organisme d'accréditation signataire de l'accord européen multilatéral pertinent pris dans le cadre de European co-operation for Accreditation (EA), coordination européenne des organismes d'accréditation.

Ce document indique :

- que l'équipement de marque et référence mis en place est une pompe à chaleur air/eau ou eau/eau
- pour les opérations engagées à partir du 26/09/2015 : la puissance thermique de la pompe à chaleur, et pour les PAC de puissance thermique ≤ 400 kW, le type de pompe à chaleur (basse, moyenne ou haute température) ;
- la performance énergétique de l'équipement installé : selon la date d'engagement de l'opération et la puissance thermique de la pompe à chaleur, le COP mesuré selon la norme EN 14511-2 pour une température à la sortie de l'échangeur thermique intérieur de 35°C, ou l'efficacité énergétique saisonnière (Etas) mesurée conformément au règlement (EU) n°813/2013.

D – DETAIL DES GISEMENTS ESTIMES

Hypothèses :

- Pour les PAC ≤ 400 kW
 - Jusqu'au 25/09/2015 : COP machine supérieur ou égal à 3,4.
 - A partir du 26/09/2015 : *Etas* machine supérieur ou égal à 102% pour les PAC moyenne et haute température et supérieur à 117% pour les PAC basse température.
- A partir du 26/09/2017 : *Etas* machine supérieur ou égal à 111% pour les PAC moyenne et haute température et supérieur à 126% pour les PAC basse température.

- Pour les PAC > 400kW et ce quelle que soit la date : COP machine supérieur ou égal à 3,4.
- 100% des besoins de chauffage sont couverts par la PAC.

Soit les gains énergétiques suivants en kWh/(an.m²) :

On ne comptabilise que très peu de sites équipés de PAC dans le secteur des serres. A ce jour, aucune étude récente publiée n'est disponible.

Il y a un potentiel d'installation de 1054,4¹ + 1237² ha de serres maraîchères et horticoles. Si l'on considère les pompes à chaleur avec un $\text{Etas} \geq 125\%$, le gisement serait de 10,86 (maraîchage) + 6,8 (horticulture) TWh cumac si l'ensemble du parc est équipé. Si seulement 20 % du parc font l'objet d'installation d'une pompe à chaleur, l'économie s'élèverait déjà à 2,17 (maraîchage) + 1,36 (horticulture) TWh cumac.

E – REGLEMENTATION EN VIGUEUR OU PREVUE

Directive européenne 2009/125/EC009/125/EC (directive Ecodesign)

Règlement (EU) N° 813/2013 de la commission du 2 Août 2013.

Pour les PAC sur vecteur eau d'une puissance ≤ 400 kW, le lot 1 de la directive Ecodesign impose des valeurs minimales d'efficacité énergétique saisonnière. L'application pour le chauffage entre en vigueur le 26 septembre 2015. Avant cette date, aucune valeur minimale n'est proposée. Par ailleurs, les valeurs d'efficacité énergétique saisonnière ne seront affichées sur les produits qu'à partir du 26/09/2015 (conformément à la directive européenne Etiquetage).

Pour les PAC de puissance nominale > 400 kW, l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants s'applique.

Pour tenir compte de ces éléments de calendrier, nous proposons 2 valorisations différentes en fonction de la date et de la puissance :

- ✓ Un forfait valable du 01/01/2015 au 25/09/2015, calculé sur la base du COP en l'absence d'informations sur les Etas. Ce forfait s'applique aussi aux PAC de plus de 400kW quelle que soit la date
- ✓ Un forfait valable à partir du 26/09/2015, calculé sur la base des Etas.

F - SITUATION DE REFERENCE

En maraîchage, on comptabilise 1054,4 ha³ de serres chauffées concernant une production de tomate et de concombre. La consommation énergétique nationale est en moyenne de 297⁴ kWh/m²/an.

¹ Source : Grisey A., Brajeul E., 2013. « L'énergie chez les serristes en tomate et concombre. Evolutions du parc de serre et des équipements de chauffage ». Infos Ctifl, n° 289, p.35-40

² Recensement Agreste 2010.

³ Source : Grisey A., Brajeul E., 2013. « L'énergie chez les serristes en tomate et concombre. Evolutions du parc de serre et des équipements de chauffage ». Infos Ctifl, n° 289, p.35-40, information en page 36.

Cependant, on ne comptabilise que très peu de sites équipés de PAC. A ce jour, aucune étude récente publiée n'est disponible.

En horticulture, on comptabilise 1237 ha⁵ de serres chauffées pour une moyenne de consommation énergétique de 159 kWh/m²/an⁶. Dans cette filière, l'installation de telles PAC reste également très faible. En effet, c'est au maximum une cinquantaine d'installations de ce type qui ont été réalisées en France alors que l'on recense 3185 exploitations horticoles disposant de surfaces chauffées³. A ce jour, aucune étude récente publiée n'est disponible.

Serres maraîchères	Serres horticoles
Toutes énergies confondues (voir annexe 1)	Toutes énergies confondues (voir annexe 1)
297 kWh/m ²	159 kWh/m ²

G - DUREE DE VIE CONVENTIONNELLE

17 ans. Soit un coefficient d'actualisation à 4 % de 12,652 (voir annexe 3).

H - GAIN EN ENERGIE FINALE GENERE PAR L'OPERATION STANDARDISEE

Valeurs exprimées en kWh/m² actualisés cumulés (cumac) sur la durée de vie du produit.

Valorisation sur la base du COP :

COP	Type de serre	Montant kWh cumac/m ²
3,4 ≤ COP < 4	Maraîchère	879
	Horticole	471
COP ≥ 4	Maraîchère	1169
	Horticole	626

Valorisation sur la base des Etas :

En absence d'information pour positionner les valeurs des *Etas* par rapport au marché des classes arbitraires sont proposées.

Efficacité énergétique saisonnière	Type de serre	Montant kWh cumac/m ²
102% ≤ <i>Etas</i> < 105%	Maraîchère	621
	Horticole	333
105% ≤ <i>Etas</i> < 110%	Maraîchère	681
	Horticole	365
110% ≤ <i>Etas</i> < 115%	Maraîchère	793
	Horticole	424

⁴ Source : Grisey A., Brajeul E., 2013. « L'énergie chez les serristes en tomate et concombre. Evolutions du parc de serre et des équipements de chauffage ». Infos Ctifl, n° 289, p.35-40, information en page 37.

⁵ Source : Recensement Agricole 2010. OTEX 29 : Fleurs et horticulture diverse, information en page 20.

⁶ Source étude ADEME utilisation rationnelle de l'énergie dans les serres, situation technico économique 2005, leviers d'action actuels et futurs, pages 121.

115% ≤ Etas < 120%	Maraîchère	895
	Horticole	479
120% ≤ Etas < 125%	Maraîchère	989
	Horticole	530
Etas ≥ 125%	Maraîchère	1076
	Horticole	576

Soit en simplifiant :

Efficacité énergétique saisonnière	Type de serre	Montant kWh cumac/m ²
102% ≤ Etas < 110%	Maraîchère	651
	Horticole	349
110% ≤ Etas < 120%	Maraîchère	844
	Horticole	452
Etas ≥ 120%	Maraîchère	1033
	Horticole	553

Détails du principe de calcul en annexe 2.

I - MONTANT DE CERTIFICATS EN KWH CUMAC

Présentation retenue pour l'arrêté (valeurs arrondies)

Pour les opérations engagées du 01/01/2015 au 25/09/2015 :

COP	Type de serre	Montant en kWh cumac par m ² de serre chauffée	X	Surface de serre chauffée (m ²)
3,4 ≤ COP < 4	Maraîchère	880		S
	Horticole	470		
4 ≤ COP	Maraîchère	1200		
	Horticole	630		

Pour les opérations engagées à partir du 26/09/2015 :

Pour une PAC de puissance thermique nominale ≤ 400 kW

Dans un objectif de simplification, étant donné les faibles différences entre les gains énergétiques des classes voisines, les classes sont fusionnées 2 à 2 en prenant comme montant unitaire du gain la moyenne des deux classes fusionnées.

Efficacité énergétique saisonnière	Type de serre	Montant en kWh cumac par m ² de serre chauffée	Surface de serre chauffée (m ²)
102% ≤ Etas < 110%	Maraîchère	650	

110% ≤ Etas < 120%	Horticole	350	X	S
	Maraîchère	840		
120% ≤ Etas	Horticole	450		
	Maraîchère	1000		
	Horticole	550		

Pour une PAC de puissance thermique nominale > 400 kW.

COP	Type de serre	Montant en kWh cumac par m ² de serre chauffée	X	S
3,4 ≤ COP < 4	Maraîchère	880		
	Horticole	470		
4 ≤ COP	Maraîchère	1200		
	Horticole	630		

ANNEXE 1

CONSOMMATION MOYENNE DES SERRES

L'étude URE 2007 indique aux pages 85 et 86 les éléments suivants :

« Le tableau 18 présente les moyennes de consommations par bassin. Les chiffres sur fond blanc sont calculés sur moins de 4 individus. La consommation française moyenne des exploitations de cultures sous serre chauffées est de 320 kWh/m². L'écart type de 127 confirme l'hétérogénéité des cas. En moyenne, la consommation dans le BRM est inférieure de 160 kWh/m² à celle de la Bretagne.

Strates taille d'exploitation	Consommation moyenne (kWh PCI/m ²)	FRANCE	BRM	Bretagne	Nord-Est	Val de Loire	Sud-Ouest
Ensemble des exploitations	Conso moyenne	320	240	400	354	330	277
	Ecart type	127	108	143	82	90	59
de 0,5 à 1 ha	Conso moyenne	220	128	195	ND	ND	261
	Ecart type	110	0	154	0	0	48
de 1 à 2 ha	Conso moyenne	320	226	377	404	349	ND
	Ecart type	120	87	99	68	117	0
de 2 à 5 ha	Conso moyenne	344	264	438	265	280	323
	Ecart type	121	110	85	37	55	70
plus de 5 ha	Conso moyenne	359	320	358	376	394	347
	Ecart type	85	134	28	23	45	0

Il semble également que plus l'exploitation est grande, plus sa consommation au m² est importante.

Tableau 18 : Moyenne des consommations au m² par bassin

..... La consommation moyenne d'électricité sur les données recueillies est de 8,9 kWh/m² (avec un écart type important de 3,7). On a déjà évoqué (§3.3) la difficulté de collecte de l'information concernant l'électricité et son manque de fiabilité ».

On peut en déduire que les 320 kWh/m² concernent la consommation de chauffage. L'enquête portait sur la consommation de combustibles et en bas de page on parle bien de consommation d'énergie attribuée au chauffage. La consommation moyenne d'électricité (8,9 kWh/m²) est accompagnée d'un commentaire sur la difficulté de collecte de l'information et son manque de fiabilité.

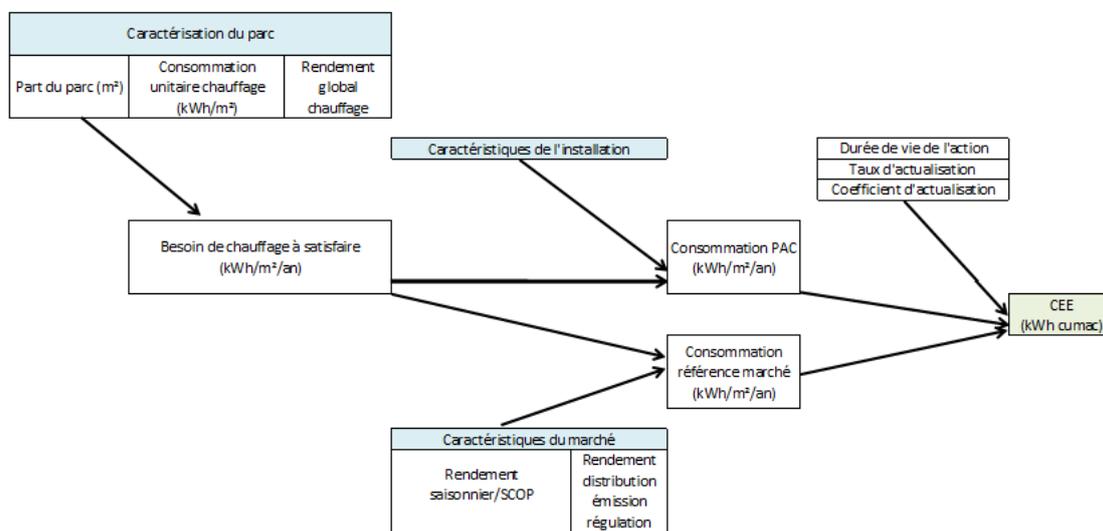
Le document édité en 2013 par le CTIFL « L'énergie chez les serristes en tomate et concombre. Evolutions du parc de serre et des équipements de chauffage 2011 » n° 289, indique à la page 37 la valeur actualisée de la consommation de chauffage. De 2007 à 2011, la consommation énergétique de chauffage est passée de 320 kWh/m² à 297 kWh/m². L'étude du CTIFL de 2011 indique également que la consommation électrique a évolué de 8,9 kWh/m² à 5 kWh/m² (« L'énergie chez les serristes en tomate et concombre. Evolutions du parc de serre et des équipements de chauffage 2011 » n° 289, page 39).

Bien qu'une légère confusion se soit glissée dans l'étude « L'énergie chez les serristes en tomate et concombre. Evolutions du parc de serre et des équipements de chauffage 2011 », il faut considérer que la consommation de 297 kWh/m² concerne uniquement les besoins de chauffage.

Ces éléments sont également applicables pour la consommation des serres horticoles (159 kWh/m²).

ANNEXE 2

PRINCIPE DE CALCUL



L'installation d'une PAC air/eau ou eau/eau vient en général en remplacement d'un système à combustibles. Pour cette raison, la référence est le marché du chauffage chaudière combustible.

Le montant de CEE est obtenu comme la différence entre deux consommations calculées à partir du même besoin :

- Consommation avec l'appareil susceptible de générer des CEE
- Consommation avec le marché de référence, c'est-à-dire le marché des chaudières combustibles (rendement nominal constaté sur le marché soit 97%⁷ jusqu'au 25/09/2015 ; valeur *Etas* ErP chaudières soit 86% à partir du 26/09/2015)

Remarques :

- L'écart de valorisation est faible entre les PAC basse température et les autres types de PAC. Dans un souci de simplification, il a donc été décidé de ne retenir qu'un seul forfait pour l'ensemble des PAC. Cela est d'autant plus justifié que les PAC BT sont principalement adaptées aux planchers chauffants qui ne s'installent pas en serres
- Comme en résidentiel et tertiaire, cette fiche est commune aux PAC air/eau et eau/eau
- Le calcul est basé sur la consommation moyenne de chauffage dans les serres maraîchères et horticoles.

⁷ Issue de la fiche BAT-TH-13, à défaut de valeurs spécifiques aux chaudières installées en serres.

Extrait du document de calcul « Méthode calcul fiche PAC Agriculture FINAL » :

Pour une valeur de Etas ≥ 125

I-Calcul pour l'Agriculture

donnée d'entrée
calcul

Caractéristique	Part du parc en m²	Consommation unitaire chauffage (kWh/m²)	Rendement global chauffage
Maraîchage	100%	297	60%
Horticulture	100%	159	60%

Caractéristiques de l'installation	
SCOP installation	129%
Rendement distribution émission régulation chauffage	81%

Durée de vie de l'action (an)	17
Taux d'actualisation :	4%
Coefficient d'actualisation	12,652

Besoin à satisfaire (kWh/m²/an)	
Maraîchage	178
Horticulture	95

Consommation PAC (kWh/m²/an)	
Maraîchage	170
Horticulture	91

Consommation référence marché (kWh/m²/an)	
Maraîchage	255
Horticulture	137

CEE (kWh cumac/m²/an)	
Maraîchage	1076
Horticulture	576

Caractérisation du marché		
rendement saisonnier ou SCOP (ErP)		Rendement distribution émission régulation chauffage
Combustibles	86%	81%

DOCUMENT

Pour une valeur de COP ≥ 4

I-Calcul pour l'Agriculture

donnée d'entrée
calcul

Caractéristique	Part du parc en m ²	Consommation unitaire chauffage (kWh/m ²)	Rendement global chauffage
Maraîchage	100%	297	60%
Horticulture	100%	159	60%

Caractéristiques de l'installation	
SCOP installation	1,64
Rendement distribution émission régulation chauffage	81%

Durée de vie de l'action (an)	17
Taux d'actualisation :	4%
Coefficient d'actualisation	12,65

Besoin à satisfaire (kWh/m ² /an)	
Maraîchage	178
Horticulture	95

Consommation PAC (kWh/m ² /an)	
Maraîchage	134
Horticulture	72

Consommation référence marché (kWh/m ² /an)	
Maraîchage	226
Horticulture	121

CEE (kWh cumac/m ² /an)	
Maraîchage	1169
Horticulture	626

Caractérisation du marché	
rendement saisonnier ou SCOP (ErP)	97%
Rendement distribution émission régulation chauffage	81%

DOCUMENT



L'équation d'obtention du montant de CEE annuel est la suivante :

$$CEE = \text{Besoin} * (1/\eta_{\text{marché}} - 1/\eta_{\text{installation}})$$

$$\text{Besoin} = \sum_{i=\text{technologie}} (\text{consommations référence} * \eta_{\text{parc}})_i$$

où :

- $\eta_{\text{installation}}$: rendement global de l'appareil performant installé

- $\eta_{\text{marché}}$: rendement global constaté sur le marché de référence

- η_{parc} : rendement global constaté sur le parc

Les gains sont calculés pour la valeur minimale de chaque classe.

Selon l'expertise des centres techniques Ctifl et Astredhor, les rendements des installations serres (chaudière et réseaux) doivent être supérieurs à ceux du secteur tertiaire mais en l'absence d'études précises, le calcul prend en compte les chiffres du secteur tertiaire à titre conservatif.

Hypothèses de rendements (analogue au résidentiel collectif et au tertiaire) :

Rendements marché

	PAC air/eau ou eau/eau	Combustibles
Génération ErP	1,00	0,86
Emission	0,95	0,95
Distribution	0,90	0,90
Régulation	0,95	0,95

Source : DPE 2012

Rendements installation

	PAC air/eau ou eau/eau
Génération	différents niveaux possibles
Emission	0,95
Distribution	0,90
Régulation	0,95

Source : DPE 2012

Par analogie avec les chaudières, il est considéré que la régulation de l'installation valorisée est au minimum de classe VI, ce qui augmente l'*Etas* (génération-régulation) de 4 points.

ANNEXE 3

JUSTIFICATION DE LA DUREE DE VIE

(extrait de la fiche BAR-TH-04 PAC air/eau ou eau/eau dans le secteur résidentiel)

Deux sources différentes confirment la durée de vie de 17 ans :

- le projet européen EMEEES (Evaluation and Monitoring for the EU Directive on Energy End-Use Efficiency and Energy Services, 2009) a abouti pour les PAC en résidentiel à une durée de vie harmonisée de 17 ans (CWA 15693 :2007, CEN WS 27).
- Selon Uniclimate, l'élément le plus sensible dans une pompe à chaleur est le compresseur ; les compressoristes garantissent le compresseur pour 50 000 heures de fonctionnement, soit, dans l'hypothèse d'un fonctionnement 33% du temps au global sur l'année, 17 ans.

ANNEXE 4

SUIVI DES MODIFICATIONS

-Fiche de calcul Référence (ATEE) :

-Référence (DGEC) : Agri Th 108

-Nom du porteur de la fiche : Joséphine PIASENTIN (Astredhor) & Ariane GRISEY (CTIFL)

-Nom de l'expert de l'ADEME : Marc Bardinal

-Nom de l'expert du PNCEE : Brice Léon

Date	Entité	Auteur	Demande de modification motivée/ Réponse apportée détaillée
12/09/2014	ADEME	S. DELAFOSSE	Envoi du détail de calcul BAT TH 13
18/09/2014	Ctifl	A. Grisey	Envoi fiche de calcul, tableau excel
26/09/2014	GE		Supprimer l'abattement des 10 % dus au refroidissement
29/09/2014	Ctifl	A. Grisey	Correction fiche de calcul
15/10/2014	Astredhor	J. Piasentin	Validation données
17/10/2014	ADEME	C. Borde	Correction et compléments apportés suite à envoi par CTIFL. Calculs validés.
22/10/2014	ATEE	L. Joërg	Modifications de forme
02/12/2014	GE	F.Arnould	Modifications de forme ajout de l'annexe 1
27/01/2015	DGEC		Mettre à jour les paragraphes A, B, et C avec la rédaction de la FS Actualiser format des tableaux avec ceux de la FS Compléter la fiche avec tableau récapitulatif des rendements et gains et extraits chiffrés du fichier de calcul Excel Fournir le fichier de calcul Excel corrections diverses Compléments sur le gisement Corrections forfaits
02/02/2015	Ctifl	A. Grisey	Complément gisement Modification du COP à 3 au lieu de 3,4 Modification des forfaits. Validation des modifications DGEC
03/02/2015	GE	F.Arnould	Modification de la police. Remise en forme des tableaux cumac. Prise en compte des remarques ADEME.
10/02/2015	GE	F.Arnould	Modification du COP de 3 à 3,4, modification des forfaits Ajout du tableau en annexe COP ≥ 4.
11/02/2015	GE	F.Arnould	Modification du forfait PAC > 400 kW
Date de la dernière publication de la fiche Le 14/11/2012 au 9ème arrêté			Fiche publiée par l'arrêté du 19 juin 2012 JO du 14 novembre 2012