

Synthèse des résultats de la campagne d'évaluation de chauffe eau thermodynamiques en laboratoire

Travaux réalisés par le Costic avec le soutien de l'Ademe et de la FFB (dans le cadre du PRDM) - à la demande de l'UECF.

1. Présentation de l'étude

Les chauffe-eau thermodynamiques (CET) sont des équipements de production d'eau chaude sanitaire (ECS) associant un volume de stockage et une production de chaleur thermodynamique (ici, un cycle frigorifique à compression électrique).

Ces solutions connaissent depuis quelques années un engouement croissant. En 2008, les ventes sur le marché français étaient estimées à 5 600 pièces alors que les chauffe-eau thermodynamiques ne disposaient alors d'aucun dispositif particulier d'incitation. En 2010, l'augmentation des ventes a été encore accentuée par la mise en place pour ces équipements d'un crédit d'impôt. **Demain, ces produits prendront très probablement une place de plus en plus importante**, notamment du fait de l'évolution réglementaire (RT2012, Directive Ecodesign).

C'est pourquoi, ces chauffe-eau thermodynamiques méritent d'être étudiés de près, d'autant plus que certains aspects nécessitent d'être éclaircis. En effet :

- l'offre disponible comprend des configurations variées et **cette offre évolue rapidement** ;
- la norme d'essais est en révision depuis plusieurs mois créant ainsi un flou et générant des disparités sur la mesure et l'expression des performances nominales (révision de la norme NF EN 255-3 par la norme prEN 16147, actuellement encore au stade de projet);
- **les performances réelles** de ces produits in situ sont encore mal connues.

En réponse à ces constats, les objectifs de cette étude sont les suivants :

1. recenser et **analyser l'offre** disponible en matière de CET ;
2. évaluer les performances de trois produits, en s'appuyant sur **des essais** menés en laboratoire ;
3. évaluer l'intérêt énergétique de ces solutions et notamment en **comparaison avec** le chauffe-eau électrique à effet Joule.

2. Analyse de l'offre

Les chauffe-eau thermodynamiques présents actuellement sur le marché français peuvent se différencier par la nature de leur source froide (air extérieur, air ambiant, air extrait et géothermie) et la plage admissible de température de cette source froide, par la température d'eau maximale pouvant être atteinte par le système thermodynamique (un appoint électrique étant la plupart du temps présent pour monter plus haut cette température d'eau), par la logique de régulation de la PAC et de l'appoint, par la nature du fluide frigorigène mis en œuvre, par le ratio puissance de la PAC/volume de stockage et par le type de compresseur (rotatif ou à pistons sont les deux technologies disponibles).

Nota : Les informations concernant les pertes statiques sont rarement disponibles et pas toujours exprimées de la même manière.

Il est à noter que pendant la période de l'étude (2008-2010), **l'offre disponible en France en matière de CET a beaucoup évolué, tant quantitativement que qualitativement.**

En effet, lors du salon Interclima 2008, les chauffe-eau thermodynamiques s'inscrivaient dans les nouveautés. En février 2009, le COSTIC avait comptabilisé sur le marché français 57 modèles de chauffe-eau thermodynamiques à usage domestique, proposés par 26 constructeurs différents. En octobre 2010, le COSTIC a recensé 79 modèles commercialisés sous 34 marques différentes.

L'analyse de l'offre disponible a permis de montrer la prédominance des caractéristiques suivantes : solutions sur l'air, volume de stockage de l'ECS compris entre 200 et 300 l, température maximale de réchauffage sans recours à l'appoint de 55°C, emploi du R134a comme fluide frigorigène. Deux types de compresseurs sont utilisés : rotatif et à pistons.

Entre nos deux recensements, **les principales évolutions observées** ont été :

- la prédominance des appareils fonctionnant sur air, et plus particulièrement sur **air ambiant**, s'est affirmée
- l'offre de chauffe-eau thermodynamiques fonctionnant sur air extérieur s'est développée ;
- les produits disposent de plus en plus souvent d'une régulation électronique offrant de nombreuses fonctionnalités (asservissement aux heures creuses, cycles anti-légionelles,...) ;
- de nouvelles versions d'appareils déjà présents sur le marché sont également sorties, les principales modifications consistant souvent dans l'ajout d'un dispositif de dégivrage automatique
- quelques modèles à éléments séparés (« split ») sont apparus ;
- un modèle de chauffe-eau thermodynamique avec une régulation de type « Inverter » et conçu pour être couplé à une installation de ventilation hygro-réglable a été développé ;
- quelques appareils d'une plus faible capacité sont apparus (inférieur à 200 L).
- les modèles de chauffe-eau thermodynamiques à détente directe et sur retour de plancher chauffant se sont raréfiés.

3. Mesures des performances énergétiques des CET

Il peut tout d'abord être rappelé les points suivants :

- les CET étant basés sur un système thermodynamique, la performance sera caractérisée par une notion de « COP¹ ».
- comme pour tout système thermodynamique, les performances d'un CET varient notamment en fonction des températures de source froide et de source chaude, c'est à dire, pour un CET fonctionnant sur l'air, en fonction de la température de l'air sur lequel il puise les calories et de la température de l'eau stockée dans le ballon.
- pour un équipement de production d'ECS basé sur une logique de stockage, trois critères de performance peuvent être évalués :
 - la performance de la production de chaleur (caractérisée, par exemple, par l'énergie consommée lors d'une montée en température du ballon) ; cette performance « normative » a été évaluée dans le cadre du premier essai de cette étude. C'est

¹ COP : Coefficient de performance

cette valeur, déterminée selon la méthode d'essai EN 255-3, qui est retenue dans le cadre du Crédit d'Impôt.

- la performance en usage quotidien (ou « COP journalier ») qui sera également influencée par la régulation du produit, ses pertes statiques et l'usage fait du matériel (consommation d'eau, réglage de la consigne). Cette performance a été évaluée dans cette étude, pour le second essai dit en « conditions réelles journalières ».
- la performance en moyenne annuelle (ou COP « saisonnier ») qui prendra en compte alors l'évolution de la température de l'air et de la température de l'eau froide sur l'année (cette mesure du COP ne fait pas l'objet de cette étude).

Pour un CET, annoncer un COP sans préciser la nature du critère retenu, ni les conditions de fonctionnement considérées est trop imprécis.

Au cours de cette étude, deux types d'essais ont été menés :

- un premier basé sur la norme d'essai actuellement en vigueur (EN 255-3) selon un protocole simplifié proposé par l'AFPAC. Le COP est calculé par le rapport entre l'énergie contenue dans l'eau d'un soutirage correspondant à la moitié du volume du ballon et l'énergie consommée pour la remise en température suivante (voir figure n°1).
- un second basé sur des profils de puisage réalistes et des phases de maintien en température. Le COP est alors calculé par le rapport de l'énergie contenue dans l'eau soutirée sur 24 h et l'énergie consommée sur la même période (voir figure n°2).

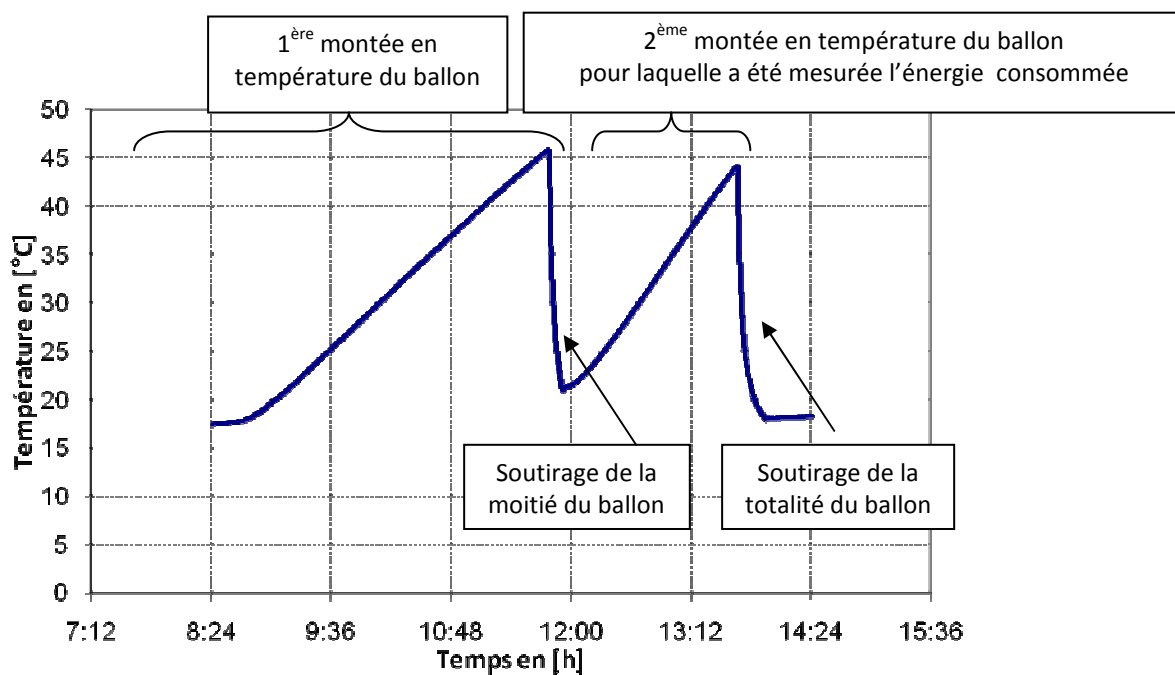


Figure 1 : Illustration du protocole simplifié établi à partir de l'EN 255-3

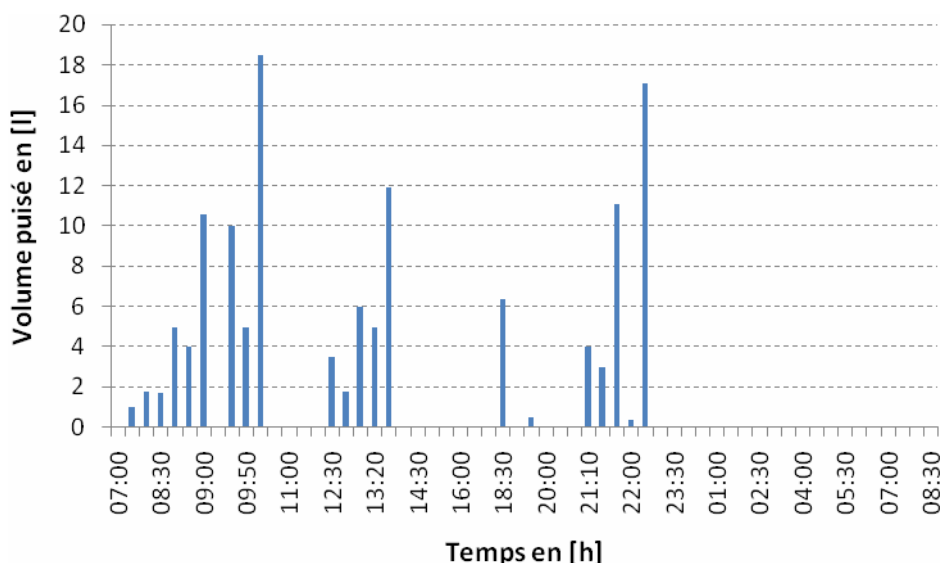


Figure 2 : Soutirages sur 24 heures pour le deuxième type d'essais

Trois produits choisis dans l'offre disponible aux débuts des essais et représentatifs des technologies employées ont été testés en laboratoire. Leurs caractéristiques techniques sont les suivantes :

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
Nature de la source froide	Air extérieur	Air extérieur	Air ambiant
Plage de température admissible pour la source froide	-5°C à + 35°C	-5°C à + 35°C	8°C à + 35°C
Volume de stockage	285 l	255 l	300 l
Température d'eau maximale pouvant être atteinte par la PAC	55 °C	55°C	60°C
COP annoncé par le constructeur	3.5	3.7	3.2
Conditions de la mesure du COP	Montée en température de 15 à 45°C Température d'air : 15°C	Montée en température de 15 à 50°C Température d'air : 15°C	Montée en température de 15 à 45°C Température d'air : 15°C

Tableau 1 : Récapitulatif des caractéristiques des 3 CET testés

Concernant les COP annoncés, on notera que :

- ces performances ne sont pas toutes exprimées pour des conditions strictement identiques mais tout de même assez proches. L'analyse d'un panel de constructeurs plus large montre une variété importante de ces conditions d'essai.
- les COP annoncés correspondent à une caractérisation de la performance de la production thermique, ici dénommé COP normatif.

2.1 Performance normative

Pour les essais menés avec un protocole assimilable aux essais normatifs, les résultats obtenus ont été les suivants :

COP mesurés selon le protocole établi à partir de l'EN255-3, à une température d'air de 20°C		
Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
3.0	3.5	2.8

Tableau 2 : COP mesurés selon le protocole simplifié établi à partir de l'EN 255-3, à une température d'air de 20°C.

Il est à noter que les conditions d'essais ont été les mêmes pour les 3 matériels à savoir : une température d'eau froide de 19°C, une consigne de 50°C (sauf pour le modèle 1 pour lequel le réglage n'était pas accessible) et une température d'air de 20°C. Ces résultats ne sont pas directement comparables à ceux annoncés par les constructeurs (du fait de conditions différentes, notamment la température d'air), cependant on constate que les ordres de grandeur sont proches.

2.2 Performance en conditions réelles journalières

Pour le second type d'essai, qu'on qualifiera de « conditions réelles journalières », l'essai de référence pour chaque matériel testé est mené pour les conditions « cibles » suivantes : température d'air de 20°C, une consigne de 50°C (sauf pour le modèle 1 pour lequel le réglage n'était pas accessible), une température d'eau froide de 20°C et environ 140 l d'eau puisée sur un cycle de mesure de 24h².

Nota : A l'époque des essais, le projet de norme prEN16147 n'était pas connu, ces conditions d'essais ne sont exactement celles de la norme, néanmoins, elles restent très proches du profil « M ».

Pour les essais ainsi menés, les conditions d'essais et les résultats obtenus ont été les suivants :

Résultats des COP mesurés en conditions réelles journalières			
	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3
Température moyenne de l'air	22 °C	20 °C	20 °C
Volume d'eau puisé	147 l	135 l	137 l
Consigne modifiable	Non	Oui	Oui
Température moyenne de l'eau puisée	53 °C	48 °C	47 °C
Température moyenne de l'eau froide	20 °C	20 °C	19 °C
COP	1,9	1,6	1,8

Tableau 3 : Résultats des COP mesurés en « conditions réelles journalières ».³

Il est logique que les performances obtenues soient plus faibles que pour les essais normatifs dans la mesure où :

- la température moyenne de l'eau de stockage est plus élevée dans cette situation que dans l'essai normatif ;
- les pertes statiques du ballon de stockage sont prises en compte dans le second essai et pas dans le premier essai.

Selon le même protocole, nous avons étudié la **sensibilité de ces résultats** à différents paramètres que nous avons fait varier dans les plages suivantes :

- températures de la source froide : 10, 15 et 20°C ;
- réglage de la consigne : 50 et 60°C ;
- profils de puisage : 130 l et 230 l.

Concernant l'influence de la **température de source froide**, le COP diminue logiquement quand la température d'air diminue. **La variation de COP est de l'ordre de 2% de COP par degré.**

² : Cahier CSTB n°3134 de Juin 1999.

³ : Etant données les différences de conditions d'essais inhérentes au fonctionnement des 3 modèles, on ne comparera pas directement les COP des 3 modèles entre eux.

Concernant la **température de consigne**, la conséquence d'une augmentation de ce réglage est différente selon les produits et notamment la logique de régulation et la température maximale que peut atteindre la PAC. Ce paramètre peut avoir un impact très important sur les performances. Dans le cas le plus défavorable, nous avons pu observer des CET ne fonctionnant plus que sur l'appoint électrique. Les performances obtenues sont alors celles d'un chauffe eau à accumulation à effet Joule.

Concernant l'influence du profil de puisage, on observe logiquement une augmentation du COP avec l'intensité d'utilisation. En effet, la température moyenne de l'eau diminue quand augmentent les soutirages et la part relative des pertes thermiques est plus faible. Entre les deux profils testés, la différence de performance est de l'ordre de 0,2 point de COP, soit 11% environ.

3. Comparaison avec le chauffe eau à effet joule

Dans la dernière partie de l'étude, les consommations énergétiques annuelles d'un CET sur air extrait ont été comparées à une solution à effet joule de catégorie B selon la marque NF électricité performance.

Sur la base des hypothèses suivantes :

- consommation journalière : 136 l/j à 50°C sur une année
- lieu : Trappes (Paris)
- chauffe-eau à accumulation à effet Joule (NF électricité performance catégorie B)
- CET sur air extrait avec un COP annuel de 1,8 (température de la source froide constante sur l'année > ou = à 20°C)

On donne la consommation totale d'énergie finale (kWh/an) suivant les 2 technologies étudiées :

Consommation totale d'énergie finale (kwh/an)

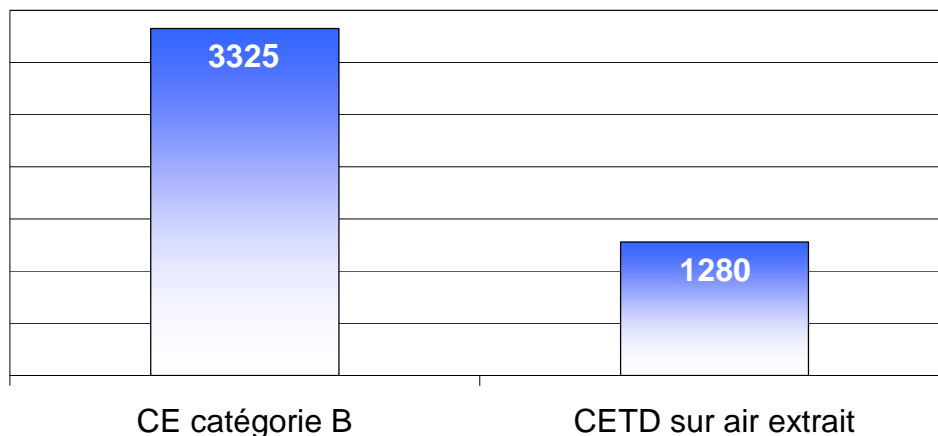


Figure 3 : Consommations annuelles comparées entre 2 solutions de production d'ECS

4. Conclusions

Cette étude a permis d'observer les caractéristiques techniques prédominantes dans l'offre actuelle des chauffe-eau thermodynamiques ainsi que ses évolutions.

L'analyse de l'offre a également montré la grande variété de conditions pour lesquelles sont annoncées les performances des produits par les constructeurs. Cette variété illustre bien la nécessité de la parution rapide de la nouvelle norme d'essais en laboratoire (pr EN 16147).

Au delà de cet aspect, les essais normatifs ont confirmé l'ordre de grandeur des performances annoncées. Cependant, les protocoles utilisés et la grandeur qui en est déduite sont éloignés de l'utilisation réelle de ces produits.

La seconde partie des essais cherchait à approcher ces conditions réelles d'utilisation. Les résultats obtenus montrent que ces performances sont assez sensibles à plusieurs facteurs d'influence : température d'air, volume puisé, réglage de la consigne. Ce dernier facteur peut être très pénalisant en termes de performances, si l'utilisateur n'y est pas attentif.

Dans les conditions d'essais de cette étude, **un CET aérothermique sur air extrait** est 2,5 à 3 fois meilleur du point de vue de la consommation énergétique qu'un chauffe-eau électrique à effet Joule.

Un **CET sur air extérieur** est quand à lui soumis aux variations des conditions extérieures (baisse des performances du cycle thermodynamique) qui dégradent la performance moyenne annuelle de ces systèmes.

Il existe encore des marges de progrès sur les performances et la connaissance de ces systèmes in situ. Des travaux pilotés et financés par l'ADEME sont en cours, avec d'une part le PACTE ECS qui devrait faire émerger des produits encore plus performants, à coûts constants et d'autre part par une campagne de mesures de CET in situ dont les résultats seront publiés fin 2011.

Quelques recommandations peuvent être tirées de cette étude :

- Poursuivre les efforts de recherche, toujours dans l'objectif d'améliorer les performances des CET (recherche de nouvelles sources froides, réduction des pertes statiques liées au stockage, choix du fluide frigorigène, etc.) ;
- préciser les conditions de dimensionnement (volume de ballon notamment) et d'installation (réglage de la température de consigne des ballons, ne pas mettre le ballon de stockage du CET à l'extérieur...) afin de ne pas dégrader les performances des systèmes ;
- harmoniser les conditions d'essai pour permettre une comparaison juste et équitable des différents modèles.

Au-delà des suites de cette étude, il conviendra d'inciter l'installation de CET « NF Electricité Performante chauffe-eau thermodynamiques autonomes à accumulation » par des professionnels qualifiés.