



bernardfondeur.com_SARL

16 rue des ormes 60580 Coye la Forêt France
Tel : **03 4458 7194**, International phone : +33 3 4458 7194
Tel Mobile : **06 0849 2885**, International Mobile phone : +33 6 0849 2885
Assurance responsabilité civile et décennale : MAAF n°600 529 83B-001
Email : bernardfondeur@wanadoo.fr Fax 03.5903.9076
www.bernardfondeur.com
SIRET : 483.215.281.000.13
TVA / VAT : FR 614 832 152 81

Pompe à chaleur

Pour choisir une « PAC », une « Pompe A Chaleur », il faut connaître plusieurs paramètres.

Paramètres thermiques

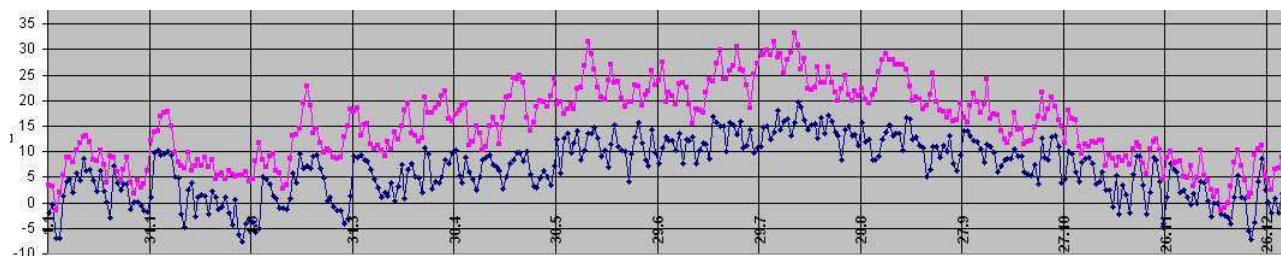
- Consommations antérieures, sachant que les deux derniers hivers spécialement doux sont peu significatifs
- Estimation de la puissance installée en radiateurs (fortes puissances, fortes économies possibles).
- Si possible, connaître la température effective de l'eau arrivant aux radiateurs par les jours de grands froids. Plus basse sera cette température, plus fortes seront les économies. Entre 50° et 60°, l'écart sur les gains annuels est de l'ordre de 10%.
- Niveau d'isolation de la maison

Dans l'exemple considéré ici, on considère une habitation « moyenne » avec une consommation annuelle de 30 MWh avec une chaudière gaz dont le rendement est celui que la technologie permettait d'atteindre en 1998 (la PAC est encore plus avantageuse si l'on considère du fioul). Au tarif actuel, cela représente un budget gaz d'environ 2000 €, hors eau chaude

PAC et COP

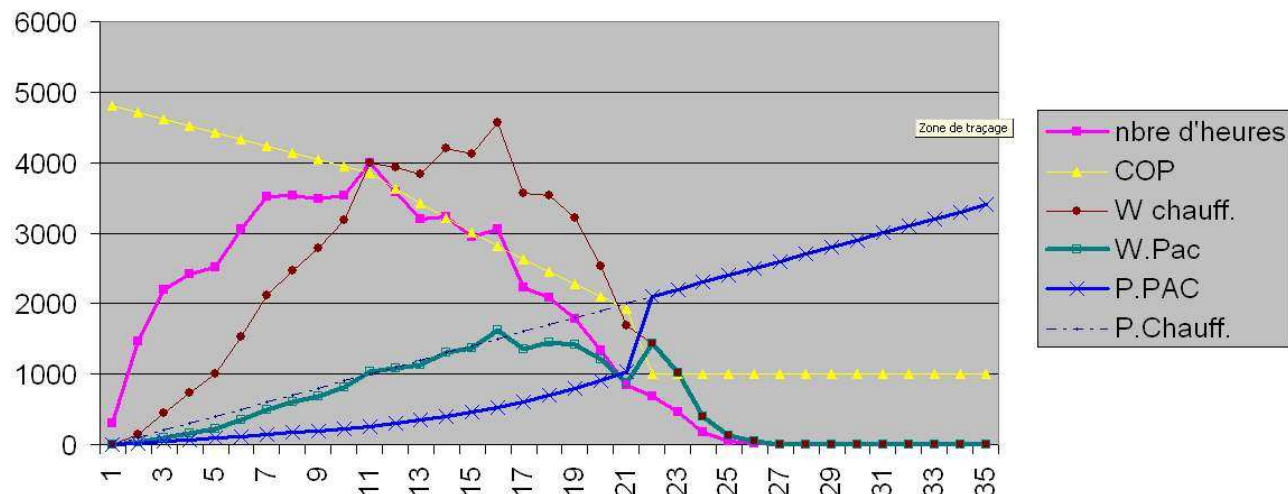
Le fonctionnement des **PAC, Pompes A Chaleur** est abondamment expliqué dans la littérature des constructeurs. Les critères déterminants sont le **COP, COefficient de Performances** et la capacité de monter en température. Le COP dépend de la technologie bien sûr, mais il n'y a plus de procédé breveté dans ce domaine et les constructeurs ont tous peu ou prou les mêmes résultats. Par contre, le COP dépend aussi des conditions climatiques et thermiques, qu'il convient d'étudier pour notre région.

Voici la courbe des températures relevées à la station Météo France de Creil en 2004 (mini et maxi) :



La variation de température heure par heure entre les mini et les maxi suit une loi statistique qui permet de déterminer précisément le nombre d'heures de chauffage dans chaque configuration : faibles écarts de température et forts COP ou au contraire, faibles COP, voire le besoin d'un chauffage d'appoint (simulé dans les formules par un COP égal à 1 si appoint électrique, 2,37 si gaz condensation, etc.)

Voici le diagramme correspondant à un cas « type moyen », la PAC milieu de gamme chez DE DIETRICH



La courbes des heures est directement issues des statistiques de météo France, combinée à une température diurne de confort de 20 degrés, nocturne 16 degrés. En abscisses, l'écart de température entre l'air extérieur et la température de consigne (diurne ou nocturne)

La courbe des COP est multipliée par 1000 pour simplifier l'axe des ordonnées. On remarque le COP de un par grands froids, quand l'écart des températures dépasse 22 degrés. Mais cela ne concerne qu'une faible fraction de l'ensemble.

Les deux courbes « W » sont celle de l'énergie. « W Chauff » représente ce qui est effectivement dépensé pour le chauffage. Dans l'ancienne installation (avant PAC), cela correspond au budget antérieur, au rendement près (exemple : chaudière gaz datant de 1998, rendement 85% et conversion PCI/PCS = 0,9028¹, multiplier les consommations affichées sur les factures GDF par $[0,85 \cdot 0,9028 = 0,77]$ pour calculer l'énergie de chauffage effective).

La courbe verte « W PAC » montre l'énergie dépensée avec une PAC installée. On remarque un pic après un écart de 21°C (soit -2°C le jour, -7°C la nuit), parce que la puissance de la PAC est devenue insuffisante (courbe P PAC) ou parce que les cycles automatiques de dégivrage font chuter le rendement

Au final, cet exemple donne un COP moyen de 2,87 à 3,13 selon que l'on a un appoint électrique ou gaz pour les grands froids. Cela représente une économie annuelle selon les tarifs actuels de 40% dans le cas d'une vieille chaudière gaz génération 1988 que l'on conserverait pour l'appoint fonctionnement pendant 116 heures /5 jours pleins par an. **Une économie de 800 €/an** pour l'exemple d'un budget actuel de 2000 €. À ce régime, la vieille chaudière peut encore vivre 50 ans ! Le gain est toutefois réduit si la chaudière d'appoint est plus performante : 25% et appoint pendant 487 heures /20 jours pour une chaudière condensation.

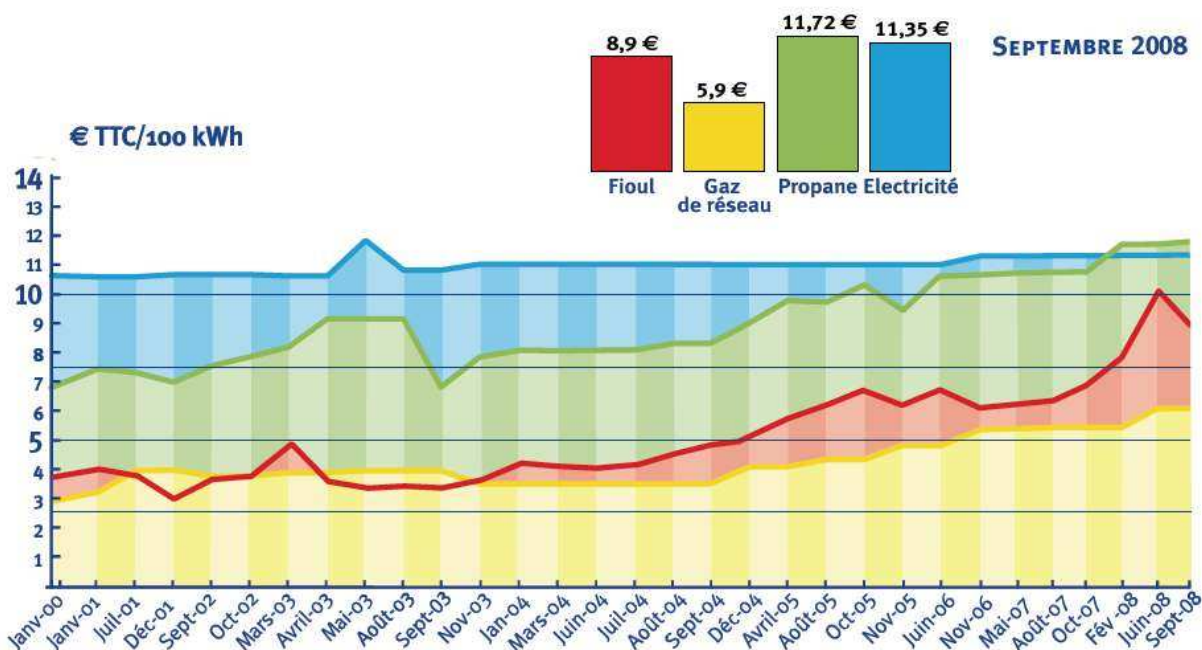
¹ La combustion des hydrocarbures peut se faire en deux réactions chimiques différentes, selon que les molécules d'eau sortent en phase vapeur ou en phase liquide. Si les réactions sont « parfaites », on obtient soit le PCS, Potentiel Calorifique Supérieur, eau en phase vapeur, soit le PCI, Potentiel Calorifique Inférieur, eau en phase liquide, inférieur d'environ 10% au PCS (le ratio exact de l'équation chimique est 3,25/3,6). Les factures GDF sont évidemment libellées en PCS.

Paramètres géopolitiques. Il est nécessaire de mener une spéculation sur les taux d'inflations futures du gaz par rapport à l'électricité. Une hausse différentielle de 2% l'an, soit le rythme d'un doublement en 35 ans constituerait l'hypothèse de faible augmentation. Envisager 5% l'an, soit un doublement en 15 ans, pour l'hypothèse de forte augmentation². On peut distinguer quatre situations distinctes :

	Le gaz augmente faiblement	Le gaz augmente fortement
Je parie que le gaz augmentera faiblement	1- Prévission juste. L'investissement est moyennement intéressant. Si j'y renonce, je perds une opportunité mais je vis dans une économie florissante et mes revenus sont en conséquence Cas neutre	2- Mauvaise prévission. J'ai perdu une opportunité très avantageuse et je vis dans une économie dégradée, avec mes revenus en conséquence Cas désagréable
Je parie que le gaz augmentera fortement	3- Mon investissement s'avère peu judicieux, mais je vis dans une économie florissante et mes revenus sont en conséquence Cas compensé	4- Prévission juste. Cas idéal.

Variante encore plus convaincante : remplacer « gaz » par « fioul »

Voici des données vérifiables que l'on trouve chez un constructeur comme DE DIETRICH :



(à vérifier, PCS ou PCI, influence 10%)

² 2% par an seulement constitue ici « l'hypothèse optimiste » pour la morale collective occidentale, pessimiste pour les pays de l'OPEP et pour les vendeurs de PAC. Dans ce document, on conserve la morale collective occidentale.

Paramètres financiers personnels

D'autres paramètres financiers sont à prendre en compte, tels que les événements pouvant impacter les revenus du ménage, donc le plan d'épargne ou d'emprunt : études supérieures des enfants ou au contraire leurs départs du foyer, départs en retraite, incertitudes sur l'emploi, etc.

Se renseigner auprès des agences immobilières si l'on envisage le risque de déménagement et donc de revente. Quelle est la « valeur capitalistique résiduelle » d'une PAC, c'est à dire, est-ce qu'elle apporte une plus-value à la vente ? Prendre en compte ici le côté irrationnel de l'acheteur qui peut être motivé, consciemment ou non, par toutes les valeurs sous-tendues par les dispositifs écologiques.

Paramètres éthiques ou écologiques

La pompe à chaleur est un procédé qui non seulement réduit la dépense énergétique en valeur absolue, mais remplace de l'énergie fossile par de l'énergie principalement nucléaire.

Paramètres « militants »

On rencontre souvent « l'effet drapeau » chez les clients des nouveaux procédés de chauffage. Cet effet est encore plus marqué chez ceux qui utilisent des capteurs solaires qui, visibles tels des drapeaux, affichent publiquement la volonté militante des propriétaires de la maison en faveur des actions écologiques. Il reste que sur le plan financier, l'amortissement des systèmes solaires est inférieur à celui des pompes à chaleur. Le solaire trouve ici des justifications non rationnelles.

Paramètres esthétique et sonore

En ce qui concerne les pompes à chaleur air-eau (configuration la plus répandue), on a le choix entre trois modules externes qui présentent, toutes choses étant égales par ailleurs, les écarts de prix approximatifs suivants (TTC après crédit d'impôts) :

Terminal d'aspect moyen et sonore 45 dB(A) ²	Version de base
Terminal d'aspect très discutable et quasi inaudible 35 dB(A)	Supplément 1 675 €
Terminal habillé (simili-rochers) et quasi inaudible 35 dB(A)	2 ^{ème} Supplément 1 800 €

La version de base est totalement inacceptable au niveau phonique dans des zones privilégiées comme Coye la Forêt ou Lamorlaye, sauf en bordure des grands axes routiers et le cas particulier des grandes propriétés isolées. Il convient de mettre à jour les règlements de copropriété (exemple, résidence des 85 maisons en bois située à l'entrée de Coye en venant de Lamorlaye)

Les questions acoustiques sont difficiles à appréhender parce qu'elles sont très relatives : Quel est le trafic automobile, diurne, nocturne, à quelle distance ? voitures, camions, bus, bennes à ordures ? Quels sont les amortisseurs acoustiques (maisons voisines, arbres) ? Comment sont exposées les fenêtres des voisins ? leurs chambres ? Dorment-ils la fenêtre ouverte ? Nous avons tous déjà chez nous une ou deux PAC : faites l'essai de placer votre lit contre votre réfrigérateur ou votre congélateur !

Pour être concret, il faut un sonomètre et plus précisément un « silençomètre », sonomètre capable de descendre vers des mesures de bruits très faibles comme 35, voire 25 dBA. On trouve pour 50€ des sonomètres capables d'alerter quand les bruits dangereux atteignent 90 ou 100 dBA et plus (discothèques...). Pour descendre à 25 dBA, le prix du sonomètre monte à ... 1500 €, (HT bien sûr). La seule chaîne constituée du microphone, des câbles et du préamplificateur, bruit de fond 20 dB, atteint 657 €HT (bas de gamme chez Cirrus). Peu de chauffagistes franchiront le cap.

Pour illustrer la difficulté des questions acoustiques que personne ne sait vérifier, il n'est que de constater les documentations des constructeurs de PAC qui annoncent des valeurs tantôt mesurées à 5, tantôt à 10 m de l'appareil. Pratique pour comparer.

Pour un même niveau de bruit, il conviendrait aussi de privilégier les pompes à démarrage progressif, dites « INVERTER ». Un même niveau de bruit est plus acceptable s'il survient progressivement et cela n'est pas mesurable avec un sonomètre. Il y a là aussi un supplément de prix et un risque écologique ; ces pompes utilisent un gaz caloporteur très polluant en cas de dysfonctionnement, tandis que le modèle de base n'utilise que de l'eau simplement additionnée d'anti-gel, le gaz polluant étant circonscrit dans le circuit beaucoup plus restreint du compresseur intégré à la PAC. Choisir cette solution dans le cadre d'un suivi régulier par un professionnel.



Exemple d'habillage DIMPLEX

Éviter les chauffe-eau alimentés par les PAC. Outre que l'investissement est élevé, ces chauffe-eau risquent de déclencher la PAC la nuit, certes au tarif avantageux, mais quand les voisins dorment fenêtres ouvertes. Succès garanti en été ! Quand les PAC fonctionnent pour le chauffage, les voisins dorment habituellement fenêtres fermées.

Paramètres industriels

La solution théorique la plus avantageuse est de loin le captage sur nappe phréatique, théoriquement facile dans notre région. Mais les opérations de forage sont coûteuses (plus chères que la PAC elle-même) et les industriels ont surtout mis l'accent sur les PAC air-eau, obtenant des COP encore honorables avec des températures bien plus performantes.

Il convient donc de tenir compte des standards du marché.

Et ma piscine ?

S'il y a une piscine que l'on peut isoler, alors la solution idéale consisterait à la chauffer au tarif nocturne avec une première pompe à chaleur, puis à transférer les calories pendant la journée depuis la piscine vers l'habitation. Dans chaque cas, on travaille avec des COP exceptionnellement élevés. Mais cette solution se heurte aux standards et à l'insuffisance des informations : les COP, effectivement élevés, restent inconnus.

Plan de financement.

Aides publiques et para-publiques

Aides publiques : 50 % de la valeur TTC des composants strictement indispensables au fonctionnement de la pompe à chaleur. Exemple 4 k€ à percevoir environ 18 mois après l'investissement, selon le calendrier des déclarations fiscales.

Aides para publiques : prêts bonifiés par SOLFEA, filiale de GAZ DE FRANCE. Exemple 6 k€ et 6 annuités de 1,235 k€

Budgets de dépenses

Ordre de grandeur, budget de pompe à chaleur installée : 12 k€, dont 4 K€ de crédit d'impôts (option du terminal d'aspect moyen et sonore).

Budgets de « recettes » (= réductions de dépenses)

Deux hypothèses sont considérées dans l'exemple, taux de 2% et 5% pour la différence d'inflation gaz-électricité. On obtient respectivement des taux actuariels net de 10,6 et 14,7% (tableau de financement page suivante).

Méthodes financières

Voici 3 outils pour appréhender le calcul financier :

- Retour sur investissement
- Taux actuariel
- Valeur actualisée

Le premier outil, retour sur investissement, est inutilisable en raison des possibilités offertes par les prêts à taux bonifiés : selon l'aide choisie, le retour sur investissement change du tout au tout. Le taux actuariel est l'outil qui permet de comparer le plan d'investissement avec un placement boursier. Mais cela ne permet pas de comparer deux plans de financements correspondant à deux configurations différentes de pompes à chaleur. La valeur actualisée permet cette comparaison.

Page suivante, exemple avec deux hypothèses géopolitiques, pessimiste et optimiste

Plan de financement . Investissement 12 K€, crédit d'impôts 4 K€, Prise en compte de. prêt SOLFEA Confort + sur 72 mois. prise en compte des gains sur les 10 premières années, puis de la moitié des 5 suivantes. Investissement en été, dépenses en hiver, crédit d'impôts récupéré sous 18 mois. gain annuel 1k€ avec croissance régulière.		échéance	investissements et crédit d'impôts	économies	prêt confort+	somme des flux	Valeur actualisée au taux actuariel
hypothèse pessimiste, taux d'inflation Gaz-électricité		5%					
investissement	0	-12000		6000	-6 000	-6 000	
	0,5		1 025	-1 235	-210	-196	
crédit d'impôts	1,5	4000	1 076	-1 235	3 841	3 126	
	2,5		1 130	-1 235	-105	-75	
	3,5		1 186	-1 235	-49	-30	
	4,5		1 246	-1 235	11	6	
	5,5		1 308	-1 235	73	34	
	6,5		1 373		1 373	562	
	7,5		1 442		1 442	515	
	8,5		1 514		1 514	471	
	9,5		1 590		1 590	431	
	10,5		1 669		1 669	394	
après 10 ans, coefficient d'incertitude = 50%	0,5	11,5	876		876	180	
	0,5	12,5	920		920	165	
	0,5	13,5	966		966	151	
	0,5	14,5	1 014		1 014	138	
	0,5	15,5	1 065		1 065	127	
après 15 ans, coefficient d'incertitude = 100%	0	16,5	0		0	0	
	0	17,5	0		0	0	
						valeur actualisée totale	0
						taux actuariel	14,73%
		échéance	investissements et crédit d'impôts	économies	prêt confort+	somme des flux	Valeur actualisée au taux actuariel
hypothèse optimiste, taux d'inflation Gaz-électricité		2%					
investissement	0	-12000		6 000	-6 000	-6 000	
	0,5		1 010	-1 235	-225	-214	
crédit d'impôts	1,5	4000	1 030	-1 235	3 795	3 262	
	2,5		1 051	-1 235	-184	-143	
	3,5		1 072	-1 235	-163	-115	
	4,5		1 093	-1 235	-142	-90	
	5,5		1 115	-1 235	-120	-69	
	6,5		1 137		1 137	590	
	7,5		1 160		1 160	544	
	8,5		1 183		1 183	502	
	9,5		1 207		1 207	463	
	10,5		1 231		1 231	427	
après 10 ans, coefficient d'incertitude = 50%	0,5	11,5	628		628	197	
	0,5	12,5	640		640	181	
	0,5	13,5	653		653	167	
	0,5	14,5	666		666	154	
	0,5	15,5	680		680	142	
après 15 ans, coefficient d'incertitude = 100%	0	16,5	0			0	
	0	17,5	0			0	
						valeur actualisée totale	0
						taux actuariel	10,62%

Outil financier de la valeur actualisée

Une fois que l'outil du taux actuariel a rendu évident l'opportunité d'investir, l'outil de la valeur actualisée permet de comparer deux solutions voisines.

On prend l'exemple optimiste où l'inflation différentielle gaz-électricité ne fait que 2% par an. On veut comparer deux PAC, l'une bon marché avec un taux actuariel très élevé et un investissement modéré, l'autre avec un taux actuariel encore attractif mais moins élevé, mais un investissement supérieur donc des gains supérieurs en valeur absolue

Dans l'exemple qui suit, on considère une grosse habitation avec une consommation actuelle de 70 MWh pour le chauffage

		PAC petite capacité					PAC forte capacité					
		investissements et	économies	prêt confort+	somme des flux	Valeur actualisée à	échéance	investissements et	économies	prêt confort+	somme des flux	Valeur actualisée à
		0,02				0,02						
hypothèse	0	-12000		6 000	-6 000	-6 000	0	-14000		7 000	-7 000	-7 000
optimiste, taux	0,5		1 414	-1 235	179	163	0,5		1 549	-1 441	109	100
d'inflation Gaz-	1,5	4000	1 442	-1 235	4 207	3 181	1,5	5000	1 584	-1 441	5 143	3 937
électricité	2,5		1 471	-1 235	236	148	2,5		1 619	-1 441	178	114
investissement	3,5		1 500	-1 235	266	138	3,5		1 655	-1 441	214	115
crédit d'impôts	4,5		1 530	-1 235	296	128	4,5		1 691	-1 441	250	112
	5,5		1 561	-1 235	326	117	5,5		1 728	-1 441	288	108
	6,5		1 592		1 592	474	6,5		1 766		1 766	555
	7,5		1 624		1 624	401	7,5		1 805		1 805	474
	8,5		1 657		1 657	340	8,5		1 844		1 844	406
	9,5		1 690		1 690	287	9,5		1 884		1 884	347
	10,5		1 724		1 724	243	10,5		1 925		1 925	297
	0,5		879		879	103	11,5		900		900	116
	0,5		897		897	87	12,5		921		921	99
	0,5		915		915	74	13,5		943		943	85
	0,5		933		933	62	14,5		965		965	73
	0,5		951		951	53	15,5		988		988	62
	0		0			0	16,5		0			0
	0		0			0	17,5		0			0
valeur actualisée												
totale						0						0
taux actuariel						20,50%						19,50%

Dans cette configuration, la solution de la petite PAC semble donner des résultats mirifiques : un taux de 20,5 %, quasiment usurier ! Mais le calcul de la valeur actualisée permet de trancher pour la PAC de grosse capacité, apparemment moins attractive avec un taux de « seulement » 19,5%. En effet, si l'utilisateur est en position d'accéder à un marché de l'argent à un taux de **8 %** par exemple, voici les résultats comparés :

FAQ

Frequently Asked Questions, Questions souvent posées

Est si ma chaudière est sur le point de rendre l'âme ?

Faites la durer en ne l'utilisant qu'à 10% de son temps. Quand elle lâchera, il suffira de la remplacer par des résistances électriques. Le temps de remplacer la chaudière, vous serez chauffés partiellement par la PAC.

Est si ma chaudière est increvable ?

C'est le drame des chaudières FRISQUET, réputées les plus robustes du marché. Elles sont tellement fiables que les chaudières produites à une époque où la technologie ne permettait d'atteindre que de faibles rendements sont encore en service. Un peu comme si vous rouliez avec une ROLL ROYCE d'avant-guerre. 50 litres aux cent.

Et si je suis au propane ?

Et si je change un paramètre ?

- Température confort 19 au lieu de 20
- Température économie le matin et l'après-midi sauf week-ends
- Température économie pendant la journée sauf week-ends
- Pas de température économie
- Mon compteur électrique est juste, la PAC mer fait changer d'abonnement
- Je prends l'abonnement jour/nuit
- J'ai déjà l'abonnement jour/nuit

Puis-je faire confiance à mon chauffagiste ?

Le chauffagiste est mal placé pour répondre, mais peut proposer des pistes de réflexion :

- Pourquoi les pouvoirs publics ont-ils institué une aide fiscale si forte (50%, un record) ?
- Consulter les documents des différents constructeurs
- Tester l'impact de chaque paramètre
- Consulter les voisins qui ont franchi le pas

Rédaction anti-commerciale

Si vous avez eu la patience de lire ce document jusqu'ici, peut-être avez-vous déjà compris que sa rédaction se veut délibérément anti-commerciale.

Ceci est rédigé par un ingénieur dont la mentalité a été aggravée par près de 10 ans d'expertise dans les secteurs de la métrologie dimensionnelle et de la sécurité des machines. Il s'agit de métiers où il est très difficile de mentir, tandis qu'un commercial se doit de ne dévoiler que ce qui l'avantage. Par exemple, qui affirmera que les PAC peuvent constituer une véritable nuisance sonore ?

Il s'agit ici pour moi de me démarquer de mes estimables confrères et néanmoins concurrents... La cible est ici celle de ceux qui aiment comprendre le pourquoi de leur investissement.