

Bilan thermique

Mise à jour : 10/02/2009

PREAMBULE :

Ce document est le fruit de notre propre expérience. En mai 2008 au vu de l'inflation galopante du prix du fuel, nous avons décidé de remplacer notre vieille chaudière à fuel par une solution plus économique et écologique. Une visite à la Foire de Paris nous a permis de prendre contact avec de multiples installateurs et/ou fabricants. Nous en avons reçu une dizaine à notre domicile, et obtenu quasiment autant de bilans thermiques et de devis différents. Un point de convergence cependant : seule la solution PAC air-eau répondait à notre besoin (précision : nous sommes en pavillon en Ile de France, donc avec un petit terrain, et avec un chauffage central dont nous voulions conserver les radiateurs en acier existants).

Nous espérons que ce document vous aidera à faire vous-même un bilan thermique précis.
Bon courage !

Écrivez-nous pour me faire des remarques si vous en avez, nous les intégrerons dans des versions suivantes.

Merci.

Claude & Marion Lacroix

POINTS IMPORTANTS :

Soyez bien conscients que les bilans thermiques faits par les 'spécialistes' à partir des éléments que vous leur fournissez (type de fenêtres isolées ou non, année de construction de la maison, volumes des pièces, type de radiateurs fonte acier alu....etc) à l'aide de logiciels de simulation sur ordinateur, ne vous donneront qu'une idée finalement vague des besoins réels en énergie de votre habitation ; avec 30 % d'erreur au mieux.

Ainsi, 90 % des bilans thermiques qui nous ont été proposés nous conseillaient une puissance de chauffe de 15kW, alors que nous avons installé une 9kW qui convient parfaitement.

Il est clair que ces bilans thermiques visent à proposer un produit du catalogue de l'installateur auteur du bilan (qui est un commerçant), et non à trouver la solution la plus pertinente pour vous.

Vous risquez donc d'acheter une PAC sous ou sur dimensionnée de 30% ou plus...

La PAC doit pourtant être bien adaptée aux besoins réels car sa durée de vie en dépend : une PAC surdimensionnée va travailler en mode arrêt / marche fréquents car elle fournira trop de puissance de chauffe, et comme la durée de vie des compresseurs dépend du nombre de cycles d'arrêt / marche, votre PAC s'usera prématurément.

A l'inverse, une PAC sous dimensionnée ne pourra pas fournir la puissance de chauffe nécessaire.

D'où l'intérêt de bien connaître vos besoins réels en énergie.

L'Eau Chaude Sanitaire (ECS) :

Si vous voulez que votre PAC prenne en charge l'ECS, sachez aussi que les kW utilisés pour cela ne seront pas disponibles pour le chauffage de la maison ...

Personnellement nous avons choisi de séparer complètement l'ECS et chauffage central. Ainsi, nous aurons toujours de l'eau chaude si la PAC est en panne, et inversement.

Nous avons opté pour un ballon 300 litres électrique.

Nous avons donc maintenant un abonnement EDF tarif jour / nuit (en 12 kW) ; donc la PAC profite aussi de cela : le chauffage de nuit coûte moins cher ...et c'est la nuit qu'il fait le plus froid, en général !

Il vous faut absolument savoir de combien de kilo Watts votre habitation a besoin lors des périodes les plus froides bien sûr.

Voici le calcul fait pour notre maison, ceci vous en donnera le principe.

Contexte initial : chaudière fuel alimentant des radiateurs à eau et l'eau chaude sanitaire (100l).

Il fallait connaître le nombre de litres de fuel consommés par jour en période froide, par exemple lorsqu'il fait -7 degrés (région parisienne), ce qui arrive 10 jours par an environ...ceci pour une température de +20 degrés intérieur.

Le seul moyen fiable et précis est de débrancher les tuyaux (les 2 flexibles) de circulation de fuel entre le brûleur et la cuve, et de les faire tremper dans un bidon de fuel (20 litres par exemple) de façon à ce que je puisse contrôler très précisément la consommation de fuel !

Bien sûr cette manipulation est à faire en plein hiver, alors qu'on a besoin du chauffage ! Mais le jeu en vaut la chandelle...

Si vous avez une installation disposant d'un compteur (gaz par exemple), il est très simple de relever les consommations de 24h en 24h.

Voici les équivalences en kW des 2 énergies Mazout et gaz naturel, valeurs trouvées sur le site :

<http://www.domo-energie.com/fr/page.asp?Id=81>

Produit	quantité	Equivalent kW
Fuel	1 litre	10,4
Gaz	1 m ³	11,2

Voici nos mesures :

Conso maxi 25 litres de fuel / jour en période très froide, à -7 degrés extérieur.

Voici le calcul à effectuer (les chiffres sont ceux de notre système perso) :

On retire 5 litres de fuel par jour pour l'eau chaude sanitaire (si tel est le cas chez vous), reste 20 litres pour le chauffage pur.

Attention, l'eau chaude sanitaire est 'facile' à chauffer en été car l'eau qui arrive de la ville est bien moins froide ; 2 litres de fuel suffisent en moyenne par jour pour chauffer les 100 litres du ballon.

Mais en hiver, c'est très différent. Les 5 litres par jour sont donc une estimation faite sur des relevés de consommation en été, chauffage éteint mais chaudière en marche pour l'ECS.

Il me faut donc 20 litres de fuel par jour pour le chauffage seul.
1 litre de fuel est équivalent à = 10 kW (10,4 exactement).
Donc il faut $20 \times 10 = 200$ kW pour chauffer notre maison.

Cette valeur doit être 'ajustée' pour tenir compte du rendement de la chaudière (la notre était une vieille Ideal Standard ITB15 de 30 ans d'âge).
Rendement chaudière estimé à 0,85 (selon mon chauffagiste), donc en fait $200 \text{ kW} \times 0.85 = 170 \text{ kW}$ / jour nécessaires réellement, la différence étant 'perdue' dans la chaudière.

Notre PAC doit donc fournir cette puissance de 170 kW sur 24 heures.

Il faut encore ajuster ce résultat en tenant compte du temps de chauffe possible de la PAC :

Une PAC part en mode dégivrage par grand froid, au pire 6 minutes toutes les 30 minutes (données constructeur CIAT), soit un rapport de $6/30 = 0.2$ dégivrage et 0.8 chauffage.
Ce mode dégivrage est demandé pour des températures tournant autour de -3 à -7 degrés, et lorsque l'air est humide. En dessous l'air est plus sec et le dégivrage est moins nécessaire.
Donc dans ces conditions la PAC ne dispose que de $24\text{h} \times 0.8 = 19\text{h}$ pour chauffer la maison.

Une PAC fonctionne de manière continue, contrairement à un bruleur de chaudière qui fonctionne par 'à coup' (il chauffe et donc fournit toute sa puissance (environ 20 à 35 kW) puis s'arrête).
La PAC, elle, tourne de manière assez continue.
On peut donc 'étaler' la puissance de 170 kW sur les 19 heures de chauffage possible.
La puissance à fournir par la PAC est donc de $170 \text{ kW} / 19 \text{ heures} = 8,94 \text{ kW heure}$, arrondi à 9 kW.

Ces 9 kW/heure représentent la déperdition de la maison par grand froid et avec +20 degrés à l'intérieur, c'est donc la puissance que doit pouvoir fournir la PAC, ceci pour une température de -7 degrés extérieure.

9 kW/heure par -7° extérieur et pour +20° dans la maison.

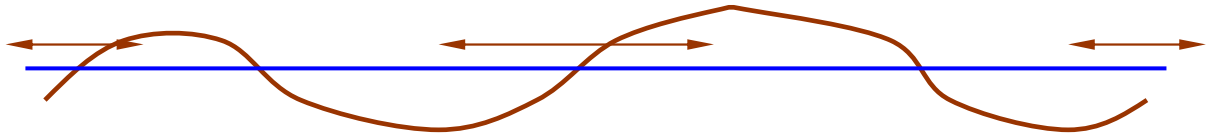
C'est LA donnée à prendre en compte.

Il faut également déterminer le type de PAC nécessaire : basse (eau radiateurs à 40 / 50° environ) ou haute température (eau radiateurs à 60° 65° environ).

Pour cela, il faut aussi connaître la température moyenne d'eau du circuit de chauffage.
Il vous faut donc 'coller' un thermomètre sur le tuyau de sortie d'eau de votre chaudière et bien l'envelopper avec un chiffon pour qu'il soit bien 'couplé' thermiquement au tuyau, et mesure donc le plus précisément possible.
Faites plusieurs relevés, par exemple lorsque le brûleur fonctionne depuis plusieurs minutes, puis lorsqu'il est arrêté depuis plusieurs minutes aussi, de façon à avoir une valeur 'haute' et une valeur 'basse'.
Faites la moyenne de ces valeurs, elle vous donne donc la température minimale à obtenir en eau chaude radiateurs grâce à votre PAC.

Pour vous aider à comprendre, voici ce à quoi ressemble l'allure de la température de vos radiateurs, en fonction du temps (en marron) et l'allure de cette température lorsqu'une PAC est connectée (en bleu) :

Les flèches marron indiquent le temps pendant lequel le brûleur est en route...



On prend donc la valeur moyenne car la PAC fonctionne en mode de chauffe en continu et non par 'à coup' comme un brûleur fuel.

Dans mon cas, cette température est de 55°.

Maintenant vous allez pouvoir commencer à rechercher une PAC adaptée à vos besoins.

Le triphasé :

Posez vous aussi la question de savoir si **OUI** ou **NON** vous acceptez de faire installer le triphasé chez vous : il va falloir refaire votre tableau électrique et équilibrer vos départs entre les 3 phases.

Renseignez vous auprès d'EDF concernant les possibilités de triphasé chez vous.

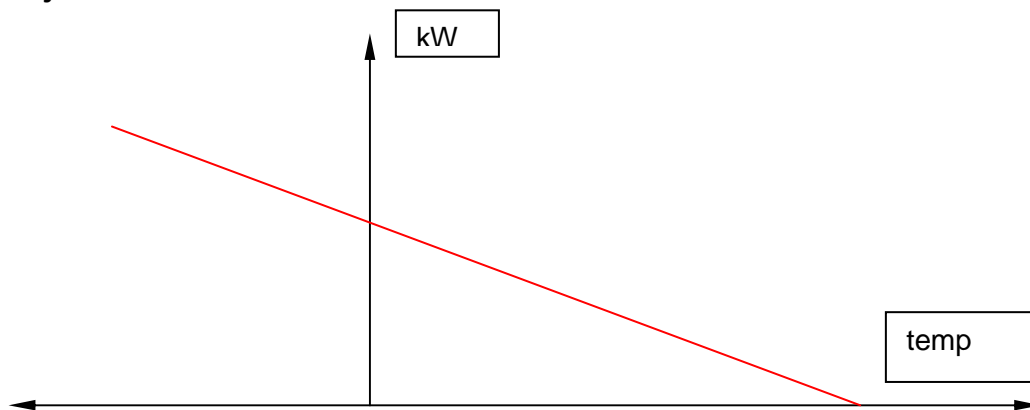
Pensez aussi au **surcoût** de l'abonnement EDF à prévoir pour le tarif jour / nuit...

Si vous obtenez un bilan thermique qui vous donne des valeurs supérieures à 9 kW, il va falloir passer en triphasé car les PAC de forte puissance n'existent qu'en triphasé.

Tracez la droite de déperdition de votre habitation.

L'axe vertical (axe des Y) indique les kW et l'axe horizontal (axe des X) indique les températures extérieures :

Voilà à quoi ça va ressembler :



Cette droite (en rouge) est définie par 2 points :

- 1) Le nombre de kW nécessaire (pour avoir votre température interne de confort, dans mon cas +20°) lorsqu'il fait -7 degrés (le cas de ma mesure).
- 2) Le nombre de kW nécessaire (pour avoir la température interne de confort, dans mon cas +20°) lorsqu'il fait justement cette valeur de température à l'extérieur de +20°. Donc forcément 0 kW ! Logique ! Notre deuxième point est donc : +20° et 0 kW.

Une fois cette droite faite, vous allez ajouter sur le graphique les courbes de puissance chauffage des différentes PAC que vous envisagez pour votre habitation, afin de les confronter à vos besoins ! Connaissant la température d'eau radiateurs nécessaire, il suffit de lire les chiffres correspondants et de tracer la courbe de chauffe des PAC envisagées. Cette courbe de la PAC doit bien sur être au dessus de la droite de déperdition de votre habitation pour répondre au besoin. Eliminez les PAC qui se situent en dessous !

Pour chaque PAC envisagée, il vous faut donc disposer du tableau de chiffres vous donnant les puissances consommées (P_a = Puissance absorbée) et restituées (P_c = puissance chauffage) en fonction des températures extérieures et des températures d'eau radiateur. Ces données ne sont pas toujours disponibles sur les jolies documentations commerciales pleines de photos, il faut donc 'pleurer' un peu pour les obtenir !

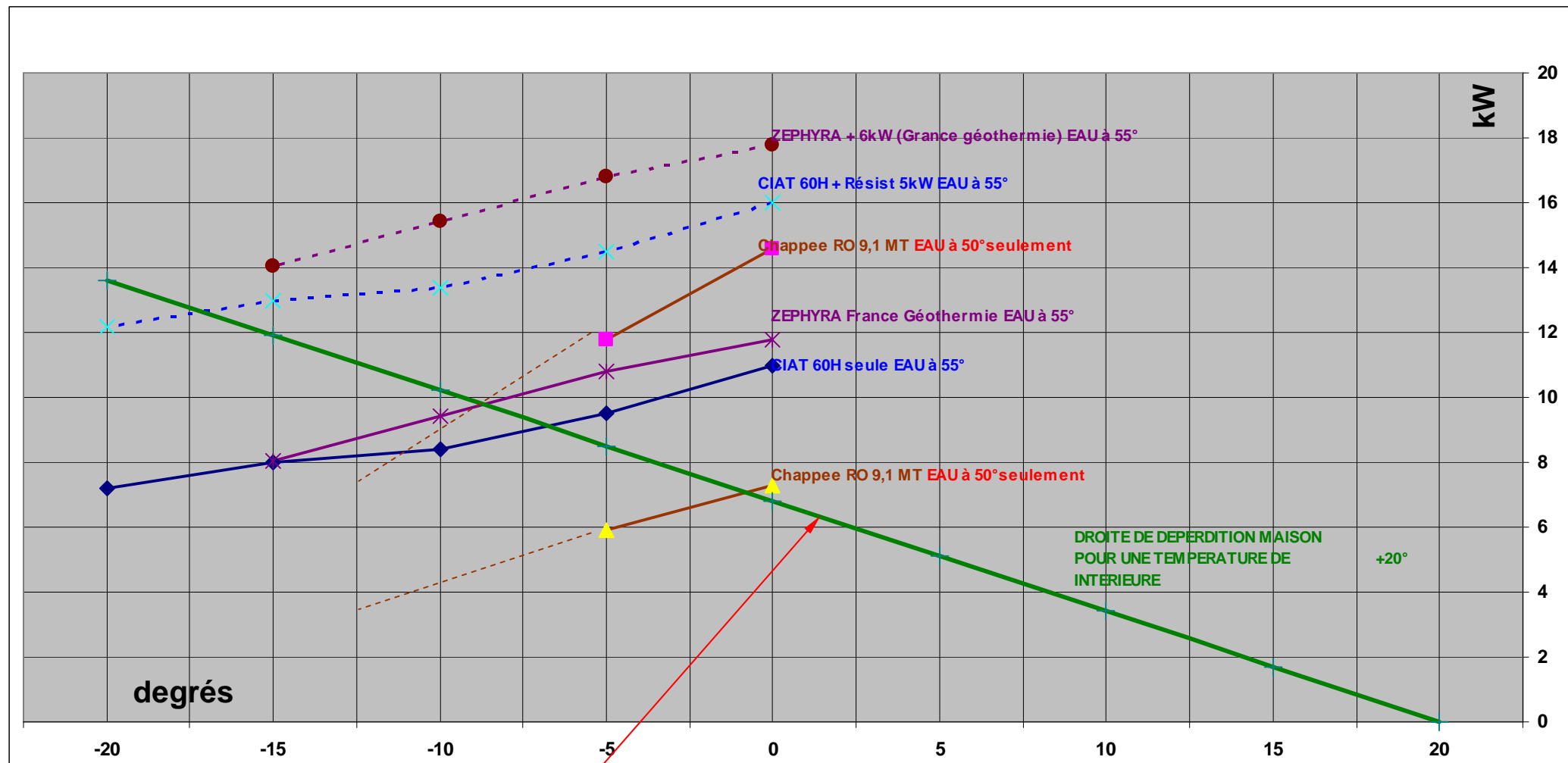
Voici à quoi cela ressemble (document CIAT) :

AQUALIS Caleo	T° air ext. °C	T° sortie eau chaude en °C																	
		plancher chauffant				ventilo-convecteur				radiateur				radiateur fonte					
		25		30		35		40		45		50		55		60		65	
Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW	Pa kW	Pc kW		
60H	-20	2,6	6,4	2,9	6,6	3,1	6,8	3,6	7	4	7,2	4,5	7,2						
	-15	2,7	6,6	3	7	3,3	7,5	3,7	8	4	8,5	4,3	8,4	4,7	8	5,5	7,4		
	-10	2,9	7,4	3,1	8	3,4	8,4	3,7	8,6	4,1	8,7	4,4	8,5	4,8	8,4	5,7	8,3	5,5	8,3
	-5	3	9,1	3,3	9	3,5	9,2	3,8	9,5	4,2	9,8	4,5	9,7	4,8	9,5	5,8	9,1	5,6	9
	0	3,1	10,8	3,4	11	3,7	11,5	4	11,5	4,3	11,6	4,7	11,5	5	11	5,8	10,3	5,7	9,7
	5	3,2	12,6	3,5	12,8	3,8	13	4,1	13,2	4,3	13,3	4,9	13,3	5,2	13,1	5,8	12,9	6,3	12,7
	10	3,2	14,1	3,6	14,3	3,9	14,4	4,3	14,6	4,4	14,9	5,1	14,7	5,4	14,5	5,8	14,4	6,4	14,3
	15	3,4	14,3	3,8	14,6	4,1	15,1	4,4	15,5	4,5	15,8	5,2	15,7	5,5	15,4	5,9	15,3	6,5	14,9
	20	3,6	14,6	3,9	15,3	4,2	16	4,5	15,4	4,6	17,4	5,4	17,3	5,7	17,1	6	17	6,6	16,8
	25	3,7	15,3	3,9	16,1	4,2	17	4,6	17,8	4,8	18,7	5,3	18,6	5,8	18,6	6,1	18,1	6,8	17,8
	30	3,7	16	4	17	4,3	18	4,7	19,1	5	20,4	5,4	20,3	5,9	19,8	6,3	19,4	6,9	19
35	3,8	16,8	4,1	18,1	4,4	19,4	4,8	20,7	5,1	22	5,5	22	6	21	6,4	19,7	6,9	19,2	

J'ai entouré de rouge les valeurs correspondant à notre cas personnel

NB : le rapport entre Pc / Pa donne directement le fameux COP !

Quelques exemples de PAC étudiés pour notre cas :



La droite de déperdition de mon habitation est en vert et les différentes PAC sont dans les autres couleurs.

Pour les PAC disposant de résistances additionnelles, faire une courbe 'sans' et une courbe 'avec' de façon à voir les puissances disponibles et les limites de fonctionnement. C'est simple : pour la courbe 'avec', ajoutez le nombre de kW de résistances additionnelles à chaque chiffre donné par le tableau constructeur.

Prendre aussi en compte les limites de température basse de fonctionnement des PAC envisagées. Certaines ne fonctionnent plus en dessous de moins 10° !!!

Sur ce graphe on voit que la PAC CIAT 60H sans résistances additionnelles conviendra jusqu'à -7 degrés environ et jusqu'à -17 degrés avec les résistances additionnelles de 5kW. C'est suffisant en région parisienne.

La **Zephyra** de France géothermie convient elle aussi mais elle a été écartée pour des questions de prix.

Ce tableau vous donne aussi la température à laquelle doivent s'enclencher les résistances additionnelles : c'est le point de croisement de la droite de déperdition habitation et de la puissance PAC sans résistance. Par exemple vers -7° pour la PAC CIAT 60H.

Cette donnée servira pour le paramétrage de la PAC : température à laquelle on autorise l'emploi des résistances additionnelles.

Bon à Savoir :

Ballon tampon (BL).

Le ballon tampon sert de volant thermique entre la PAC et les radiateurs.

Il est absolument indispensable pour un fonctionnement optimal de la PAC. Il doit être gros (pas de limite haute que je sache...). Son volume doit être proportionnel au nombre de kW que peut fournir votre PAC, à savoir 20 litres x nb de kW PAC.

Exemple : PAC 9kW, donc ballon = 9×20 litres = 180 litres minimum.

Les résistances additionnelles :

Les PAC ont pratiquement toutes une option de résistances additionnelles. Ces résistances (quelques kW) viennent 'au secours' de la PAC lorsqu'elle ne peut plus fournir suffisamment de calories pour chauffer, en périodes de grands froid.

L'achat ou non de cette option dépend de la région où vous habitez.

Si vous pouvez avoir des températures de l'ordre de $-10 - 15$ degrés (pendant combien de jours par an ?...), alors il vaut mieux prendre cette option, si vous ne voulez pas supporter un chauffage déficient pendant quelques jours.

Beaucoup de paramètres entrent en compte : avez-vous une cheminée qui pourrait servir d'appoint, êtes-vous à la maison la journée pour vous occuper du feu dans la cheminée, Voulez-vous que la PAC se 'débrouille' toute seule, etc...etc...vous seuls pouvez dire si oui ou non cette option est utile ou non.

Orientation du module extérieure de la PAC :

De préférence, le plus proche du sud de façon à bénéficier d'un air le plus chaud possible. Ceci aidera votre PAC lorsqu'elle passe en mode dégivrage.

Désembouage du circuit de chauffage :

C'est une opération de nettoyage ponctuelle du circuit de chauffage (radiateurs+ tuyauterie), utilisant des produits chimiques corrosifs, et effectuée par l'installateur.

Particulièrement conseillé si votre installation est ancienne : il serait dommage d'encrasser rapidement votre PAC toute neuve avec une eau sale. De plus, cela améliore le rendement des radiateurs.

Par contre, les produits corrosifs injectés dans le circuit de chauffage risquent de révéler certaines fuites dans les radiateurs : il existe des produits moins agressifs, le désembouage est un peu plus long (48h), mais vous n'êtes pas à l'abri de mauvaise surprise (un de nos radiateur nous a lâché 30 jours après le démarrage de la PAC).

Nuisance sonore :

Le module extérieure de la PAC peu être bruyant : gare au problème de voisinage. Veiller à ne pas le mettre dans un lieu constituant une cage de résonance.

Plots anti vibratoires

Le module extérieur de la PAC doit être impérativement installé sur des plots anti vibratoire, de façon à isoler ce module de votre habitation pour qu'il ne lui transmette pas les vibrations sonores.