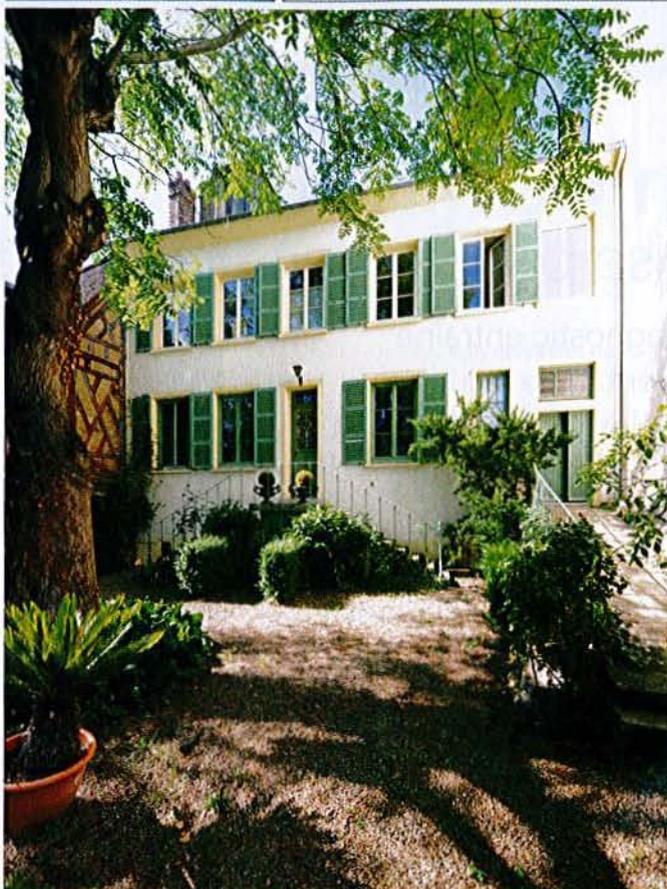


SCÉNARIO 1

ILE-DE-FRANCE
CLIMAT TEMPÉRÉ

SCÉNARIO 2

HAUTE-SAVOIE
CLIMAT RUDE

QUAND 2 MAISONS ADOPTENT LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Une résidence principale et l'autre de vacances ont fait l'objet d'un diagnostic énergétique approfondi, suivi de recommandations de travaux, chiffrés poste par poste : investissement, retour sur investissement, gain de confort et réduction d'impact sur l'environnement. Deux scénarios exemplaires.

CÉDRIC ROGNON

AVEC LA COLLABORATION DE LA S^TE SÉNOVA

Pompe à chaleur ou chaudière à granulés pour le chauffage, chauffe-eau solaire ou thermodynamique pour l'eau chaude sanitaire : le choix d'un nouvel équipement dépend de votre habitation, de vos besoins et de votre budget. Pour être sûr de ne pas se tromper, les propriétaires de ces deux maisons

(l'une dans l'Essonne, l'autre en Haute-Savoie) ont pris contact avec la société Sénova pour les aider à concrétiser leur projet de rénovation énergétique. Plusieurs systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (ECS) ont été comparés. C'est le résultat de ces études que nous vous présentons.

SCÉNARIO 1
ILE-DE-FRANCEUn pavillon sur 3 niveaux
divise par 3 sa facture énergétique

Le diagnostic entraîne un éventail de solutions possibles. Après amélioration de l'isolation, le meilleur choix apparaît de remplacer l'ancienne chaudière au fioul par une pompe à chaleur.

Cette grande maison de 293 m² (rez-de-chaussée, étage et sous-sol) présente des murs et une toiture moyennement isolés (murs extérieurs R = 2,08 m².K/W ; toiture R = 4,76 m².K/W), et est équipée de fenêtres à double vitrage (Uw = 2,19 m².K/W). Les murs et le plancher du sous-sol ne sont pas isolés et seulement équipés de fenêtres à simple vitrage. Le renouvellement d'air est assuré par une ventilation mécanique contrôlée (VMC) simple flux.

Installée au sous-sol dans l'espace chauffé, une chaudière au fioul alimente des radiateurs standard munis de robinets thermostatiques. L'eau chaude sanitaire (ECS) instantanée est produite par la chaudière.

L'EXISTANT

Une facture énergie salée

Les propriétaires consomment en moyenne 7564 litres de fioul par an. Ils dépensent chaque année 6470 euros pour le chauffage. Soit, en énergie primaire, une consommation de 257 kWh/m².an (classement énergétique E). Sénova préconise en premier lieu d'isoler le sous-sol, responsable de 37 % des pertes d'énergie de la maison, puis de remplacer l'ancienne chaudière fioul, peu efficace du point de vue énergétique.

L'ÉTUDE CHAUFFAGE

Quatre systèmes détaillés

Pour le chauffage, quatre solutions ont été étudiées : une traditionnelle, trois d'origine renouvelable.



1. Une consommation moyenne de 7564 litres de fioul, soit une facture annuelle de 6470 € ! C'est ce que payaient les propriétaires pour le chauffage et l'eau chaude.

2. Tous murs extérieurs confondus, la maison affiche un R moyen de 2,08 m².K/W. Il serait de 4,5 m².K/W si la maison était à basse consommation.

3. Il faut toujours commencer par isoler la maison puis installer une ventilation performante. On change le chauffage ensuite. Six solutions (chauffage et ECS) ont été comparées.

QUELS SYSTÈMES DE CHAUFFAGE POSSIBLES ?

POUR UNE PUISSANCE DE 17 KW (APRÈS TRAVAUX D'ISOLATION)

Système de chauffage	Investissement TTC	Aides financières	Consommation annuelle	Coût annuel	Émission de CO ₂ à l'année	Amorti en...
Système actuel	0 €	—	32 600 kWh	2800 €	10 700 kg	—
Chaudière fioul à condensation	4500 €	390 €	28 000 kWh	2400 €	8500 kg	10 ans
Pompe à chaleur géothermique	39 100 €	7500 €	8700 kWh	1100 €	1500 kg	18,5 ans
Pompe à chaleur aérothermique	19 000 €	3784 €	12 000 kWh	1500 €	2100 kg	11,5 ans
Chaudière à granulés bois	15 000 €	2200 €	32 000 kWh	1600 €	400 kg	9,5 ans

POUR UNE PUISSANCE DE 35 KW (SANS TRAVAUX D'ISOLATION)

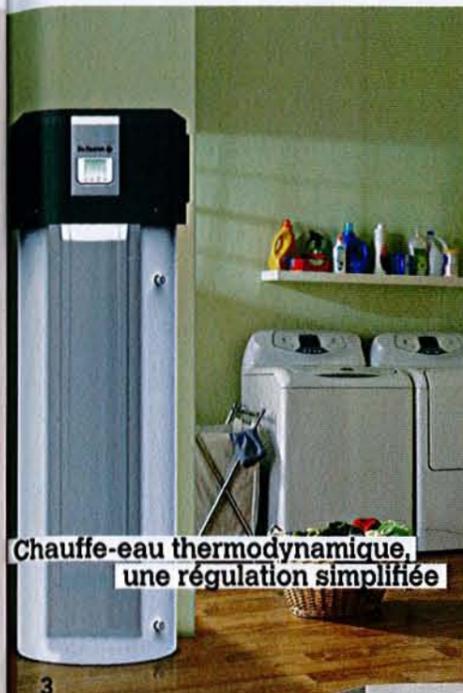
Système de chauffage	Investissement TTC	Aides financières	Consommation annuelle	Coût annuel	Émission de CO ₂ à l'année	Amorti en...
Système actuel	0 €	—	72 500 kWh	6250 €	21 700 kg	—
Chaudière fioul à condensation	5000 €	455 €	62 360 kWh	5350 €	18 708 kg	5 ans
Pompe à chaleur géothermique	75 000 €	7500 €	19 500 kWh	2500 €	3500 kg	18 ans
Pompe à chaleur aérothermique	29 000 €	3784 €	28 000 kWh	3300 €	5200 kg	8,5 ans
Chaudière à granulés bois	15 000 €	2200 €	72 000 kWh	3600 €	900 kg	4 ans



1 et 2. Un sas équipé de doubles vitrages relie les deux parties de l'extension.

3. En 200 ou 270 litres, avec un COP de 3,7, ce chauffe-eau thermodynamique fonctionne de -5 °C à +35 °C, sur air ambiant (non chauffé) ou air extérieur. Son écran digital permet de visualiser le niveau de réchauffage du ballon. L'eau monte jusqu'à 65 °C en moins de 7 heures. À partir de 2 300 € HT. « Kaliko ». DE DIETRICH.

4. Un chauffe-eau solaire (cesi) assure les besoins sanitaires une partie de l'année. Quand l'ensoleillement est insuffisant, la PAC air/eau prend le relais. C'est aussi elle qui assure le chauffage. PAC « Ecolane AE MB » : à partir de 4 750 € HT. Cesi, 2 capteurs et 1 ballon de 300 litres : à partir de 4 561 € HT. GEMINOX.



Chauffe-eau thermodynamique, une régulation simplifiée

Cette chaudière automatique à granulés de bois est compacte et robuste. Deux modèles sont proposés : chauffage seul ou chauffage et production d'ECS (ballon émaillé de 120 litres intégré, protégé par anode de magnésium). Puissance de 15 à 23 kW. Rendement de 91 %. À partir de 4 990 € HT. « Baltic ». HS FRANCE.

La chaudière à bois, un excellent rapport qualité/prix



La chaudière à condensation

En remplacement de la chaudière fioul existante, elle constitue la solution la plus simple à mettre en œuvre et la moins coûteuse à l'investissement. Elle est par contre la plus chère à l'utilisation et la plus polluante.

La pompe à chaleur géothermique

En forage vertical, elle présente l'avantage d'avoir un rendement peu dépendant de la température extérieure. Le forage la rend par contre très chère à l'investissement. « Les prix des pompes à chaleur diffèrent énormément en fonction de la puissance. Si l'installation électrique de votre maison est en monophasé, elle ne permettra pas l'installation d'une pompe à chaleur de puissance élevée qui ne fonctionne qu'en triphasé » prévient Rénova.

La pompe à chaleur aérothermique

Moins chère à l'investissement que la PAC

géothermique, elle montre un inconvénient : « En cas de température très basse, la résistance électrique qui assure le complément de chauffage détériore beaucoup le rendement ». Certains modèles peu performants sont également bruyants.

La chaudière à granulés de bois

Ce biocombustible (environ 270 euros TTC la tonne dans l'Essonne) offre un rendement plus élevé que les bûches. Il est également plus facile à livrer et stocker.

L'ÉTUDE EAU CHAUDE

Selon le chauffage choisi

Le choix du mode de production d'ECS dépend d'abord du choix du chauffage. Trois solutions ont été considérées.

Le chauffe-eau intégré

L'intégration de l'ECS au système de chauffage est la solution la plus économique à l'investissement. Mais selon Sénova ce n'est pas la plus économe à l'utilisation. Les systèmes indépendants présentent un meilleur rendement.

Le chauffe-eau solaire (cesi)

Bien dimensionné, il permet, ici, de produire 60 % des besoins en eau chaude. « En été, la couverture des besoins est proche de 100 %. Le cesi permet de ne pas utiliser son système de chauffage pour la production d'ECS en moyenne 2 à 4 mois de l'année ce qui économise sa durée de vie en évitant les cycles courts » indique Sénova dans son étude.

Le chauffe-eau thermodynamique

Autre système indépendant, il permet quant à lui de réduire de moitié les consommations par rapport à un chauffe-eau électrique.

SOLUTIONS RETENUES

Selon la puissance

La puissance nécessaire au chauffage (35 ou 17 kW) dépend des travaux d'isolation à venir.

Pour une puissance de 35 kW

Une chaudière à granulés de bois associée à un cesi est préconisée en relève de la chaudière pour l'ECS. Adaptée aux grosses puissances, la chaudière à granulés offre ici un retour sur investissement rapide (4 ans).

Pour une puissance de 17 kW

Le couplage d'une pompe à chaleur aérothermique et d'un chauffe-eau thermodynamique est conseillé. Adaptée aux petites puissances, la PAC est moins contraignante que la chaudière à granulés (pas d'approvisionnement à prévoir, de cendres à nettoyer...).



Chauffe-eau solaire et pompe à chaleur, le bon duo



QUEL CHAUFFE-EAU CHOISIR ?

Système de production ECS	Coût TTC	Aides financières	Consommation annuelle	Coût annuel	Émission de CO ₂ à l'année	Système de chauffage associé
Ballon intégré	800 €	—	2500 kWh	Bois : 65 € Fioul : 215 €	Importante	Chaudière
Cesi en relève de chaudière	6 000 €	2 600 €	1000 kWh	Bois : 26 € Fioul : 86 €	Faible Moyenne	Chaudière
Cesi électrique	6 000 €	2 600 €	1000 kWh	126 €	Faible	PAC
Chauffe-eau thermodynamique	3 000 €	1 000 €	1000 kWh	126 €	Faible	PAC

Le meilleur compromis

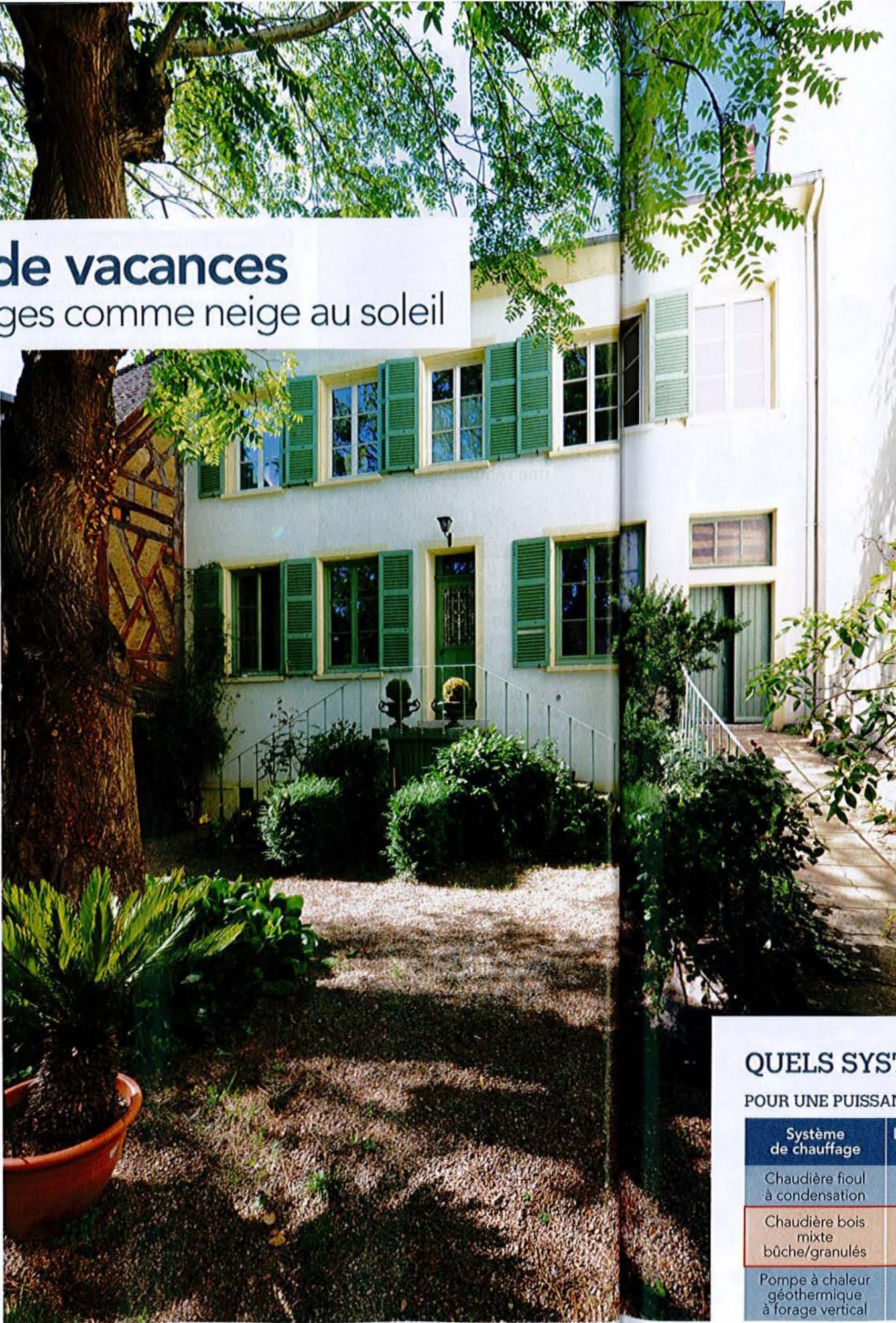
**SCÉNARIO 2
HAUTE-SAVOIE**

Une maison de vacances fait fondre ses charges comme neige au soleil

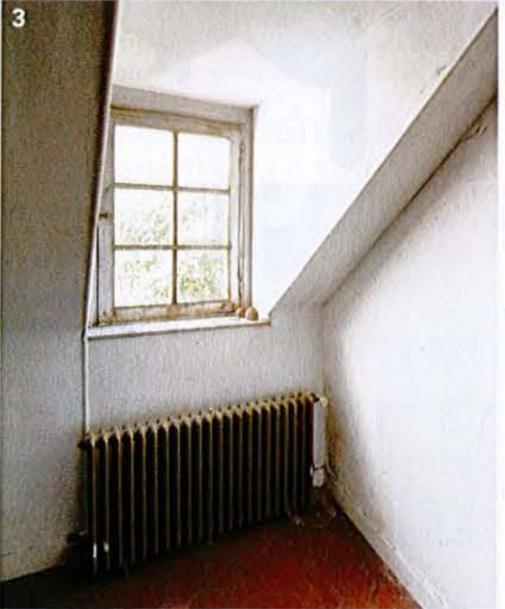
Disponible localement et tout à fait adapté à cette grande maison, le bois s'impose ici comme le meilleur compromis, à la fois pour le chauffage et pour la production d'eau chaude sanitaire.

Bâtie au début du XIX^e siècle, cette villa est devenue aujourd'hui une maison de vacances. D'une surface de 350 m² habitable (sans les combles), elle comprend deux étages et un sous-sol non chauffé. La maison n'est pas isolée, à l'exception du plafond des chambres du second étage. Rien d'étonnant donc à ce que les coefficients d'isolation thermique soient très mauvais (murs extérieurs R = 1,67 W/m².K ; toiture R = 1,28 W/m².K). Toutes les fenêtres sont par ailleurs à simple vitrage (Uw = 3,86 W/m².K. À savoir : plus le coefficient Uw est faible, plus la fenêtre est performante). Enfin, la maison n'est pas ventilée mécaniquement.

Le propriétaire souhaitait un conseil indépendant pour remplacer la chaudière fioul en fin de vie (40 ans !) et au rendement médiocre, assurant à la fois le chauffage et, via un ballon de 300 litres, la production d'eau chaude sanitaire (ECS). Pour cela, il a fait appel à Sénova.



1. La solution de chauffage retenue devra prendre en compte d'une part le grand volume de cette maison, d'autre part le fait qu'elle est occupée uniquement pour les vacances.
2. Si l'isolation du toit est décidée par l'extérieur (technique du sarking), on prévoit pour les combles un chauffage indépendant de celui de la maison, selon la volonté des propriétaires.
3. Les radiateurs en fonte d'origine sont en bon état. L'entreprise a décidé de les conserver. En conséquence, le nouvel équipement de chauffage devra être capable de délivrer une eau à 70 °C au moins pour assurer le bon fonctionnement de ces émetteurs.



ISOLER D'ABORD, CHANGER DE CHAUFFAGE ENSUITE !

« Sauf cas exceptionnel où le remplacement du système en place est indispensable à court terme, il est fortement déconseillé de changer le système de chauffage avant d'avoir préalablement isolé et ventilé convenablement » explique Sénova. Une maison bien isolée diminue en effet les pertes de chaleur et réduit les besoins de chauffage : le système installé est plus petit et moins cher à l'achat !

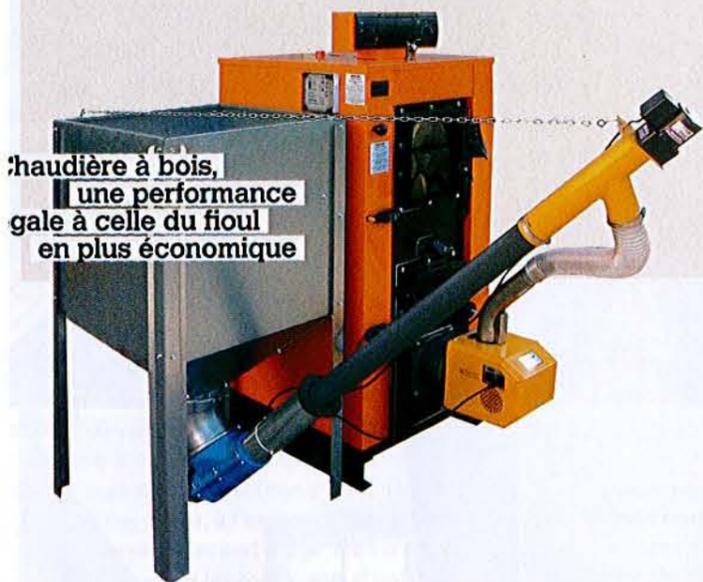
QUELS SYSTÈMES DE CHAUFFAGE POSSIBLES ?

POUR UNE PUISSANCE CHAUFFAGE + EAU CHAUDE DE 25 KW

Système de chauffage	Investissement TTC	Aides financières	Consommation annuelle	Coût annuel	Émission de CO ₂ à l'année	Amorti en...
Chaudière fioul à condensation	5 000 €	455 €	60 000 kWh	4 300 €	19 700 kg	5 ans
Chaudière bois mixte bûche/granulés	18 000 €	2 860 €	70 000 kWh	Granulés : 3000 € Bûches : 2300 €	900 kg	9 ans
Pompe à chaleur géothermique à forage vertical	42 000 €	5 760 €	22 000 kWh	2 200 €	6 700 kg	14 ans

Le meilleur compromis

Cette chaudière bois comprend deux chambres de combustion séparées et isolées : l'une dédiée aux bûches, l'autre aux granulés. Un seul conduit de fumée est nécessaire. Le rendement est supérieur à 80 % avec les bûches; supérieur à 90 % avec les granulés. La gamme se décline en cinq modèles de 20 à 32 kW, dont deux équipés d'un ballon de production d'ECS de 150 litres. Modèle « DFX 20 » de 19,5 kW : 5 120 € HT. Kit granulés (brûleur avec son tableau de commande, vis d'alimentation, porte pivotante et isolée) : 3 787 € HT. Silo de 300 litres : 498 € HT. MORVAN.



Chaudière à bois, une performance gale à celle du fioul en plus économique

LES AIDES AU FINANCEMENT

Pour permettre de réaliser votre projet, les aides publiques sont au nombre de trois : subventions, crédit d'impôt et éco-prêt à taux zéro.

L'éco-prêt à taux zéro concerne tous les équipements étudiés ici : jusqu'à 20 000 euros sur 10 ans pour un bouquet de deux travaux; jusqu'à 30 000 euros pour trois travaux.

Le taux du crédit d'impôt pour l'année 2011, calculé sur le prix du matériel hors main-d'œuvre, se décline ainsi :
 - 45 % pour le chauffe-eau solaire,
 - 36 % pour la PAC géothermique et le chauffe-eau thermodynamique,
 - 22 % pour la PAC aérothermique (air/eau uniquement) et la chaudière à granulés,
 - 13 % pour la chaudière à condensation.

Des subventions sont proposées à l'échelle du territoire. Renseignez-vous (par exemple, pour la maison dans l'Essonne, elles étaient au moment de l'étude de 800 euros sur la main-d'œuvre pour le csi et de 1 300 euros pour la pompe à chaleur géothermique).

La chaudière à bois mixte (bûches et granulés) avec production d'eau chaude sanitaire intégrée se révèle le meilleur compromis pour le confort en toutes saisons de cette maison de vacances. Avec à la clé, un bienfait pour l'environnement et des économies sur la facture énergétique !



L'EXISTANT

Une maison énergivore

La maison est très consommatrice en énergie (530 kWh/m².an si elle était habitée en permanence, soit la classe énergétique G – la plus mauvaise !). La consommation et la facture de fioul ne sont pas connues par le propriétaire qui a acquis récemment cette maison pour en faire sa résidence secondaire. Si elle était occupée à l'année, la facture serait astronomique : environ 15 000 euros !

Pour réduire les déperditions thermiques, le propriétaire a suivi les préconisations de Sénova et a notamment fait isoler le toit par l'extérieur (sarking) et poser des survitrages. La puissance de chauffe préconisée par Sénova après l'isolation des combles (hors chauffage de cet espace que le propriétaire prévoit de chauffer indépendamment) s'élève à 25 kW. L'entreprise propose de conserver les radiateurs en fonte qui sont en bon état. Avec une contrepartie : que le nouvel équipement de chauffage soit capable « de délivrer de l'eau à 70 °C au moins au système d'émissions » indique Sénova.

L'ÉTUDE CHAUFFAGE + EAU CHAUDE

Trois solutions envisagées

Pour remplacer la chaudière existante au fioul, trois propositions ont été étudiées : chaudière fioul à condensation, chaudière bois et pompe à chaleur. Ces trois systèmes sont prévus pour assurer également la production d'ECS.

La chaudière fioul à condensation

Elle est la plus économique à l'investissement mais la plus chère et la plus polluante à l'usage. Le tubage de la cheminée est par ailleurs requis. À la clé, une réduction de 30 à 40 % de la facture de fioul par rapport à l'ancienne chaudière.

La pompe à chaleur haute température

Elle constitue la solution la moins chère à l'utilisation. C'est cependant la plus chère à l'investissement. Sénova déconseille les modèles aérothermiques.

« Étant donné le climat froid de la Haute-Savoie en hiver, avec des températures régulièrement négatives, ce type de système risque de ne pas pouvoir répondre aux besoins de la maison. La seule façon de remédier à cela est d'acquiescer un système surdimensionné et donc coûteux. »

La pompe à chaleur géothermique avec captage horizontal est aussi évacuée car requérant une surface trop importante dans le jardin (700 m² de capteurs). Uniques possibilités : la pompe à chaleur géothermique avec captage vertical ou la pompe à chaleur sur nappe phréatique. La première présente le coût le plus élevé de toutes les solutions étudiées; la seconde le meilleur rendement toutes solutions confondues mais un investissement là encore élevé, supérieur à une chaudière bois.

La chaudière à bois

Et plus particulièrement la chaudière mixte bûches/granulés est plus coûteuse à l'achat qu'une chaudière fioul à condensation mais plus vite amortie. Les plages de puissance des chaudières bois sont par ailleurs bien adaptées au chauffage d'une grande maison. Enfin, le combustible est disponible localement. Par rapport à l'ancien générateur au fioul, une telle chaudière permet de réduire de 30 % la consommation de chauffage.

SOLUTION RETENUE

La chaudière à bois mixte

Celle-ci est la solution préconisée par Sénova. À prévoir, la mise en place d'un ballon d'hydro-accumulation pour limiter le nombre de chargement de bûches. « Lors que vous allumez votre chaudière à bois avec son chargement complet, la chaudière fonctionne à plein régime pendant une à deux heures, et la chaleur produite est stockée dans un ballon d'eau de grand volume. Ce ballon d'hydro-accumulation, de 1 000 à 3 000 litres, alimentera ensuite votre circuit de chauffage central selon la demande, jusqu'au chargement suivant » explique Sénova.

La production d'eau chaude est assurée par un ballon placé au « bain-marie » dans le ballon d'hydro-accumulation. Le ballon peut être équipé de résistances électriques d'appoint immergées.

Autre chaudière mixte possible, évoquée aussi dans le rapport, la chaudière à bois déchiqueté, avec un prix du combustible inférieur aux granulés. « Le bois déchiqueté ayant moins subi de transformation, sa fabrication est plus écologique que celle des granulés de bois » précise Sénova. Par contre, « les chaudières au bois déchiqueté et à bûches nécessitent plus d'entretien que les chaudières à granulés. En effet, le combustible étant de moins bonne qualité, il y a plus de possibilités d'encrassement ».