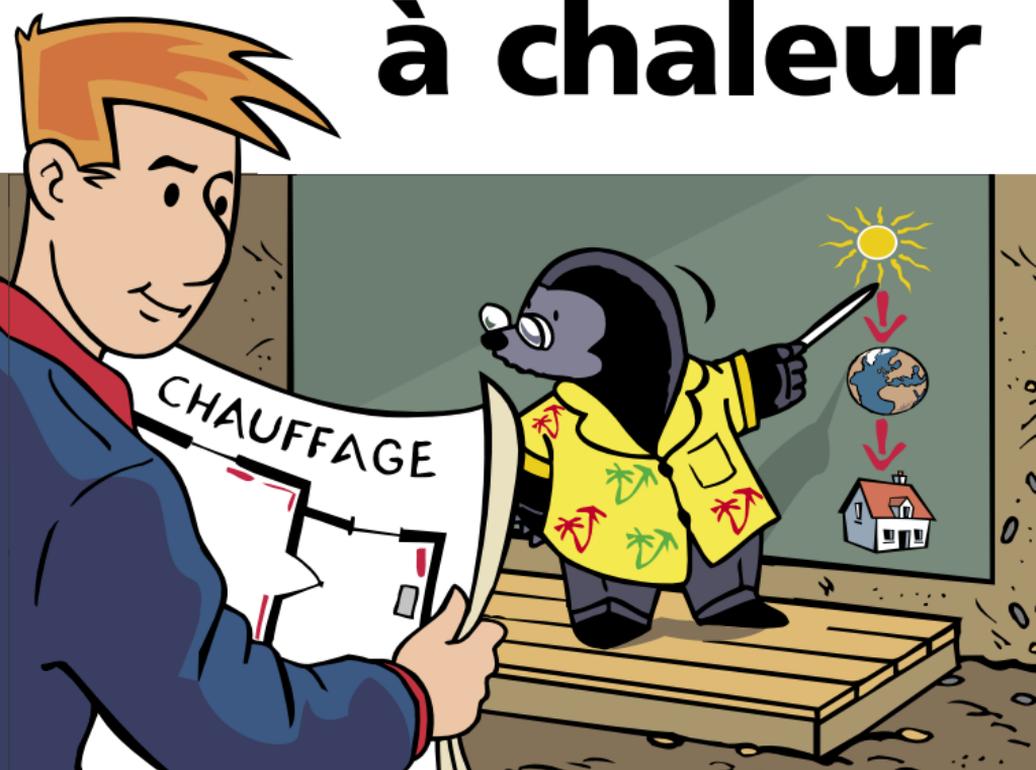


ECONOMIES D'ENERGIE
FAISONS VITE
ÇA CHAUFFE

Quand le sol, l'eau ou l'air
chauffent la maison,

les pompes à chaleur



L'HABITAT INDIVIDUEL

ADEME



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Quand le sol, l'eau ou l'air
chauffent la maison,
les pompes à chaleur

SOMMAIRE

• Il y a de la chaleur... dans le sol, l'eau et l'air	3
• D'entrée de jeu, les bonnes pistes	4
• Un réfrigérateur à l'envers	6
• Pompes géothermiques, des ressources sous nos pieds	14
• Pompes aérothermiques, se chauffer de l'air du temps	20
• Pour éclairer le choix d'une PAC	24
• Pose et entretien, une affaire de spécialistes	26
• Des aides financières	28
• En résumé	31
• L'ADEME	32

GLOSSAIRE

Capteurs enterrés : tubes en polyéthylène ou en cuivre gainé de polyéthylène enfouis dans le sol et dans lesquels circule un fluide prélevant l'énergie du sol. Ils peuvent être horizontaux (et contenir de l'eau additionnée d'antigel ou du fluide frigorigène) ou verticaux. Dans ce dernier cas, on les appelle sondes géothermiques et ils contiennent un mélange d'eau et d'antigel.

Émetteur de chaleur : appareil situé dans les pièces du logement et qui y transmet la chaleur du système de chauffage. Les radiateurs, les planchers chauffants, les ventilo-convecteurs sont des émetteurs de chaleur.

Fluide frigorigène : fluide, confiné dans la pompe à chaleur, qui assure lors de ses changements de phase (gaz, liquide) les transferts de chaleur.

Machine thermodynamique : machine permettant la circulation de la chaleur entre des milieux ayant des températures différentes, à l'aide d'un apport d'énergie extérieur. La pompe à chaleur, le climatiseur et le réfrigérateur sont des machines thermodynamiques qui fonctionnent en général à l'électricité.

PAC : pompe à chaleur. Les PAC assurant à la fois du chauffage et du rafraîchissement sont appelées PAC réversibles.

Plancher chauffant basse température : émetteur de chaleur constitué de tubes dans lesquels circule un liquide restituant la chaleur aux pièces à chauffer. Intégré à une chape de béton, il est dimensionné pour que sa surface reste à une température modérée (aux alentours de 23°C, en tout cas pas plus de 28°C). Un plancher chauffant peut assurer le rafraîchissement d'une habitation, on parle alors de plancher chauffant-rafraîchissant.

VMC : ventilation mécanique contrôlée. Système mécanique de renouvellement de l'air. Une VMC double-flux permet de limiter les pertes de chaleur inhérentes à la ventilation : elle récupère la chaleur de l'air vicié extrait de la maison et l'utilise pour préchauffer l'air neuf filtré venant de l'extérieur.

il y a de la chaleur... dans le sol, l'eau et l'air

Notre environnement : le sol sous nos pieds, l'eau des nappes, l'air qui nous entoure, stockent chaque jour l'énergie que nous dispense le soleil.

Récupérer cette énergie gratuite et inépuisable et s'en servir pour le chauffage, c'est possible grâce aux pompes à chaleur.

Ce sont des équipements qui permettent d'économiser les énergies fossiles tout en limitant nos rejets de gaz à effet de serre. Il en existe plusieurs types, qui puisent la chaleur soit dans l'air (pompes aérothermiques), soit dans le sol ou l'eau des nappes phréatiques (pompes géothermiques).

L'ADEME encourage le choix des pompes à chaleur les plus performantes, quelle que soit la technologie, en insistant en particulier sur la qualité de mise en œuvre du système complet (capteur, pompe à chaleur, émetteur de chaleur).



d'entrée de jeu, les bonnes pistes



Vous faites construire.
Le terrain autour de votre maison s'y prête.

**Vous pouvez faire installer
tout type de PAC.**

- une **PAC géothermique à capteurs enterrés horizontaux** s'il y a assez de place dans le jardin (voir pages 15 et 16) ;
- une **PAC géothermique à capteurs enterrés verticaux** sous réserve des démarches administratives nécessaires (voir pages 15 et 17) ;
- une **PAC sur eau de nappe** si celle-ci s'y prête et sous réserve des démarches nécessaires (voir pages 9 et 18) ;
- une **PAC aérothermique**. Dans les climats rigoureux, il sera peut-être nécessaire de faire installer un appoint de chauffage selon le modèle de PAC aérothermique envisagé (voir page 23).
Attention au voisinage, certaines sont plus bruyantes que d'autres.

Vous faites construire.
Le terrain est petit (moins de 200 m²) et/ou planté d'arbres, le sol est rocheux...

**De nombreuses PAC
sont envisageables, sauf la PAC
géothermique à capteurs
horizontaux**

- une **PAC géothermique à capteurs enterrés verticaux** sous réserve des démarches administratives nécessaires (voir pages 15 et 17) ;
- une **PAC sur eau de nappe** si celle-ci s'y prête et sous réserve des démarches nécessaires (voir pages 9 et 18) ;
- une **PAC aérothermique**. Dans les climats rigoureux, il sera peut-être nécessaire de faire installer un appoint de chauffage selon le modèle de PAC aérothermique envisagé (voir page 23).
Attention au voisinage, certaines sont plus bruyantes que d'autres.

Vous faites remplacer un chauffage existant.

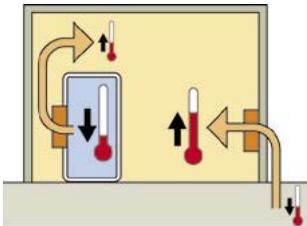
**Vous avez les mêmes possibilités
que dans une construction neuve,
à quelques restrictions près.**

- Au préalable, faites vérifier l'état de l'isolation de votre maison (parois et ouvertures) et engagez des travaux de remise à niveau si nécessaire (des aides fiscales vous y aideront) : une bonne isolation permet en effet de limiter les consommations d'énergie et ce quel que soit le système de chauffage utilisé .
- l'installation d'un **plancher chauffant** nécessite une rénovation lourde, il ne sera peut-être pas possible d'installer une PAC fonctionnant avec ce type d'émetteur de chaleur (voir page 10) ;
 - si vous choisissez une **PAC aérothermique** et si vous habitez une région au climat rigoureux, il sera peut-être nécessaire de faire installer un appoint de chauffage selon le modèle de PAC aérothermique envisagé (voir page 23).
- Attention au voisinage, certaines sont plus bruyantes que d'autres ;
• certaines PAC permettent la réutilisation du réseau de chauffage central déjà en place (voir page 10).

un réfrigérateur à l'envers

Dans un réfrigérateur, de la chaleur est puisée à l'intérieur de celui-ci, ce qui en abaisse la température, puis est rejetée à l'extérieur, dans l'air de la cuisine.

Les pompes à chaleur fonctionnent selon le même principe, mais c'est l'environnement extérieur (sol, air ou eau) qui fournit la chaleur et l'intérieur du logement qui la récupère.



Le principe de base,...

La pompe à chaleur ou PAC est constituée d'un circuit fermé et étanche dans lequel circule un **fluide frigorigène** à l'état liquide ou gazeux selon les organes qu'il traverse. Ces organes sont au nombre de quatre : l'**évaporateur**, le **compresseur**, le **condenseur**, et le **détendeur**.

Pour simplifier, on peut dire que la pompe à chaleur prélève un peu de chaleur du sol du jardin, de l'air environnant ou de l'eau d'une nappe, augmente son niveau de température et restitue une chaleur à une température plus élevée dans le logement.

Son fonctionnement est d'autant plus efficace que la différence entre la température du milieu où est puisée la chaleur et celle des émetteurs de chaleur du logement est réduite.

Les fluides frigorigènes sont pour la plupart nocifs pour l'environnement. Ceux qui détruisent la couche d'ozone sont maintenant interdits ou en cours d'élimination. C'est le cas du R22, qui a longtemps été le fluide frigorigène le plus employé. Ils sont remplacés par des fluides comme les HFC (R407C, R410A, R417A), inoffensifs vis à vis de la couche d'ozone. Mais ces fluides restent de puissants gaz à effet de serre.

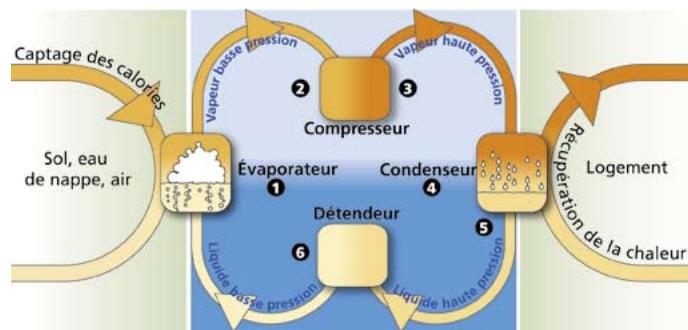


Schéma de principe de la pompe à chaleur

- 1 : la chaleur prélevée à l'extérieur est transférée au fluide frigorigène qui se vaporise.
- 2 : le compresseur électrique aspire le fluide frigorigène vaporisé.
- 3 : la compression élève la température du fluide frigorigène.
- 4 : le fluide frigorigène cède sa chaleur à l'eau du circuit de chauffage ou directement à l'air du lieu à chauffer.
- 5 : le fluide frigorigène se condense et revient à l'état liquide.
- 6 : le détendeur abaisse la pression du liquide frigorigène qui amorce ainsi sa vaporisation.

... ses applications

À partir du principe de base de la pompe à chaleur, différents systèmes existent, avec des performances et des possibilités d'application différentes. On peut regrouper les PAC destinées au chauffage des particuliers en deux grandes familles :

- les **PAC géothermiques** qui puisent la chaleur dans le sol ou l'eau d'une nappe par l'intermédiaire d'un réseau de capteurs ou de forages ;
- les **PAC aérothermiques** qui la puisent directement dans l'air ambiant, extérieur ou intérieur au logement.

On parle selon les cas de modèles **air/air**, **air/eau**, **sol/sol**, **sol/eau**, **eau/eau** ou **eau glycolée/eau**. Le premier terme désigne l'origine du prélèvement, le second le mode de distribution de la chaleur. Seule exception : la PAC eau glycolée/eau qui puise la chaleur dans le sol (avec des capteurs enterrés contenant de l'eau glycolée).

... et les procédés mis en œuvre

Les constructeurs ont mis au point plusieurs procédés. La principale différence tient à la nature des fluides circulant dans les capteurs et les émetteurs de chauffage, et donc à la technologie des PAC utilisées :

- dans les **PAC à détente directe**, un seul circuit : le fluide frigorigène circule en circuit fermé dans la pompe, les capteurs et les émetteurs de chaleur. Ce type de pompes à chaleur contient beaucoup de fluide frigorigène ;
- dans les **PAC mixtes**, deux circuits : celui du fluide frigorigène des capteurs et de la pompe à chaleur et celui de l'eau chaude des émetteurs ;
- dans les **PAC à fluides intermédiaires**, trois circuits : le circuit frigorifique de la pompe à chaleur, le circuit des capteurs où circule de l'eau additionnée d'antigel, le circuit qui alimente en eau chaude les émetteurs ;

Les **PAC géothermiques** peuvent être à détente directe, à fluides intermédiaires ou mixtes.

Les **PAC aérothermiques** sont toujours à détente directe ou mixtes.

La durée de vie de l'installation

Comme une chaudière classique, la pompe à chaleur a une durée de vie de l'ordre de 15 ans.

Les capteurs enterrés ont une durée de vie beaucoup plus longue, supérieure à 40 ans.



Les émetteurs de chaleur

Selon le type de pompe à chaleur, différentes sortes d'émetteurs équipent l'installation.

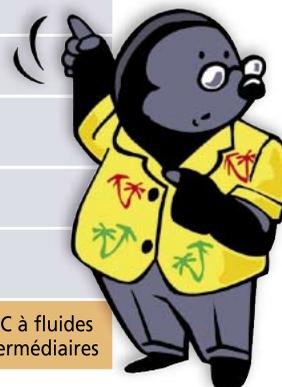
■ Un plancher chauffant basse température

Il est formé de tubes noyés dans une dalle de béton. Sa surface diffuse une chaleur douce et régulière (jamais supérieure à 28°C), qui apporte une grande sensation de confort. Dans les tubes circule l'eau du circuit de chauffage (PAC à fluides intermédiaires ou mixtes) ou du fluide frigorigène (PAC à détente directe). Le dimensionnement des tubes et leur pose sont différents selon le fluide qui y circulera

Pour s'y retrouver...

		PAC aérothermiques	
		Captage de la chaleur dans l'air extérieur	Captage de la chaleur dans le logement
Air	Air / eau	PAC mixte	
	Air / air	PAC à détente directe	
Sol	Sol / sol		
	Sol / eau		
	Eau glycolée / eau		
Eau	Eau / eau		

PAC géothermiques		
Capteurs enterrés horizontaux	Capteurs enterrés verticaux	PAC sur eau de nappe
PAC à détente directe		
PAC mixte		
PAC à fluides intermédiaires		
		PAC à fluides intermédiaires



■ Des radiateurs basse température

Ils fonctionnent avec une **eau entre 45 et 50°C**, ce qui est le cas dans un circuit de chauffage alimenté par une PAC mixte ou à fluides intermédiaires. Ils procurent une chaleur douce très agréable. Cette solution convient si on ne peut (ou ne veut) pas installer de plancher chauffant qui peut être difficile ou coûteux à mettre en œuvre en rénovation.

Les radiateurs d'une précédente installation de chauffage central peuvent convenir, à condition de vérifier leur dimensionnement.

Les émetteurs basse température

Ces émetteurs (planchers chauffants, radiateurs basse température) engendrent des économies et valorisent les équipements performants que sont les pompes à chaleur.

■ Des ventilo-convecteurs à eau

Ce sont des émetteurs de chaleur par air, **raccordés au circuit d'eau de chauffage d'une PAC** mixte ou à fluides intermédiaires. Ils filtrent et diffusent l'air des pièces grâce à un ventilateur.

■ Des ventilo-convecteurs à détente directe

Ce système peut comporter **une unité par pièce** ou **une unité centrale** (installée dans un faux plafond, des combles ou un placard et reliée à un réseau de gaines de distribution d'air chaud). Chaque unité pulse dans le logement l'air réchauffé par passage sur une batterie d'échange où circule **le fluide frigorigène de la PAC à détente directe**.

Le chauffage, mais aussi...

Les pompes à chaleur sont avant tout des **systèmes de chauffage**. Elles peuvent également remplir d'autres fonctions.

■ Pour l'eau chaude sanitaire, un appoint ou une installation indépendante sont nécessaires

On peut obtenir de l'eau chaude sanitaire de deux façons avec une pompe à chaleur :

- avec la **PAC qui assure le chauffage de la maison**. L'eau du ballon est chauffée en récupérant une partie de la chaleur du fluide frigorigène. Quand la PAC ne fonctionne pas, une résistance électrique chauffe l'eau sanitaire ;
- avec un **chauffe-eau thermodynamique**. C'est un système indépendant muni d'une pompe à chaleur autonome. Il peut donc fonctionner toute l'année.

■ Le rafraîchissement d'un bâtiment en été

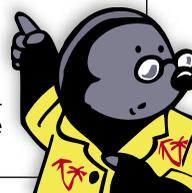
En inversant le cycle du fluide frigorigène, la pompe à chaleur puise des calories dans le logement et les rejette à l'extérieur.

Les PAC munies de ce dispositif sont dites « réversibles ». Elles assurent une **baisse modérée** de la température, de l'ordre de 3 à 4 °C de moins qu'à l'extérieur. Il s'agit donc d'une fonction de rafraîchissement et non de climatisation

Par ailleurs, certains climatiseurs individuels réversibles assurent une fonction « chauffage ». **Ils ne sont en général pas adaptés aux besoins de chauffage d'hiver** car ils ne sont pas dimensionnés pour cela.

Rafrâichissement et condensation

Si votre pompe à chaleur alimente un plancher chauffant / rafraîchissant, la température de celui-ci ne doit pas descendre trop bas par rapport à celle de l'air ambiant. Sinon, il y aura condensation de l'humidité de l'air sur le plancher. Pour éviter cela, une régulation appropriée assure ce contrôle.



L'installation d'un système réversible incite à la consommation d'électricité tout au long de l'année pour les besoins d'un certain confort thermique alors qu'une pompe à chaleur uniquement dédiée au chauffage n'en utilise que l'hiver...

→ **Pour en savoir plus** sur le confort d'été, consultez le guide pratique de l'ADEME n° 3679.

Performances et certifications

■ Des coefficients à connaître : COP et EER

Les performances des pompes à chaleur s'expriment par des coefficients qui rendent compte de leur efficacité en fonction de l'énergie qu'elles consomment.

Pour 1 kWh d'électricité consommé, les PAC restituent pour la plupart 2 à 4 kWh de chaleur. Par exemple, si une PAC consomme 1 kWh d'électricité et restitue 3 kWh de chaleur, on dit que son COP est de 3.

Le rapport entre la quantité de chaleur produite et l'énergie électrique consommée (par le compresseur) est le coefficient de performance (COP) de la pompe à chaleur. Il traduit la performance énergétique d'une pompe à chaleur en mode chauffage

Le COP est mesuré par le fabricant ; il est valable pour **une température d'essai donnée**. Dans la pratique, quand le milieu est plus froid que cette température d'essai, l'efficacité énergétique de la pompe à chaleur diminue et devient inférieure au COP annoncé. À l'inverse, elle est supérieure à ce COP quand le milieu est plus chaud que la température d'essai.

L'ADEME conseille donc l'installation d'une pompe à chaleur présentant le COP le plus élevé possible et en tout cas supérieur à 3.

L'appellation EER (coefficient d'efficacité frigorifique) traduit l'efficacité d'un système thermodynamique **quand il produit du froid**.

■ Des consommations annexes



Le **compresseur de la pompe à chaleur est le principal consommateur d'électricité**, mais il n'est pas le seul. Les PAC sont le plus souvent équipées d'auxiliaires qui fonctionnent à l'électricité (circulateurs, organe de dégivrage, ventilateurs, etc.). Enfin, les ventilo-convecteurs sont eux aussi équipés de ventilateurs. Il faut tenir compte de ces consommations annexes pour estimer la performance réelle du système de chauffage.

■ Des certifications pour un matériel de qualité

Le marquage **Eurovent** garantit que les puissances, le COP et l'EER des PAC réversibles sont conformes aux valeurs annoncées par les constructeurs.

Le label **Promotelec** est attribué aux matériels qui satisfont à un cahier des charges (fixant entre autres les performances des appareils).

Dans les deux cas, les essais sont réalisés par des laboratoires indépendants.

Pompes géothermiques, des ressources sous nos pieds

Elles valorisent les calories du sol ou de l'eau des nappes par le biais de réseaux de capteurs, de sondes ou de forages d'eau.

Ce type de PAC est très performant quelle que soit la température hivernale. En effet, les capteurs sont installés à la profondeur requise pour que la température y soit à peu près constante toute l'année et toujours suffisante.



Géothermie de surface

Aux profondeurs qui intéressent les pompes à chaleur géothermiques (ou pompes sur capteurs enterrés), l'énergie du sol provient pour l'essentiel du rayonnement solaire et de la migration des eaux de pluie dans le sol.



Capter les calories

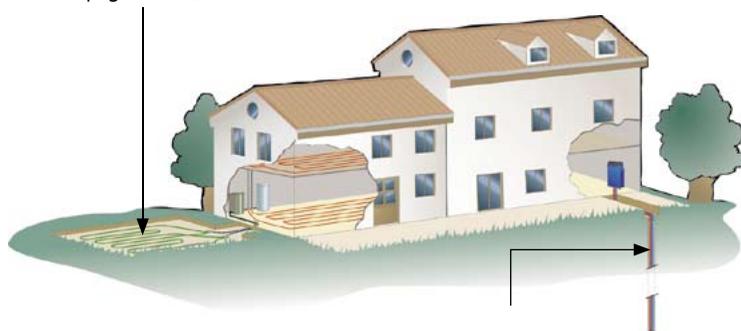
Dans les PAC géothermiques, le prélèvement de chaleur se fait par le biais de tubes enterrés dans le sol.

Ces **capteurs** peuvent être placés en configuration horizontale ou verticale. Dans ce dernier cas, on parle aussi de sondes géothermiques verticales.

■ **Les capteurs horizontaux** sont des tubes de polyéthylène ou de cuivre gainés de polyéthylène. Ils sont installés en boucles enterrées horizontalement à faible profondeur (de 0,60 m à 1,20 m).

Dans ces boucles circule en circuit fermé de l'eau additionnée d'antigel ou le fluide frigorigène de la pompe à chaleur (selon la technologie employée).

Les capteurs horizontaux peuvent équiper une PAC à détente directe, une PAC à fluides intermédiaires ou une PAC mixte (voir pages 8 et 9).



■ **Les capteurs verticaux** sont constitués de deux tubes de polyéthylène formant un U installés dans un forage (jusqu'à 80 m de profondeur) et scellés dans celui-ci par du ciment. Dans la plupart des cas, on réalise plusieurs forages qui doivent être distants d'au moins 10 m.

On y fait circuler en circuit fermé de l'eau additionnée de liquide antigel.

Seules les PAC à fluides intermédiaires (voir page 9) peuvent être équipées de capteurs verticaux

Bien dimensionner les capteurs

■ La longueur totale des tubes d'un **capteur horizontal** dépasse plusieurs centaines de mètres. Ils sont repliés en boucles distantes d'au moins 40 cm, pour éviter un prélèvement trop important de la chaleur du sol. Dans le cas contraire, il y aurait des risques de gel du sol.

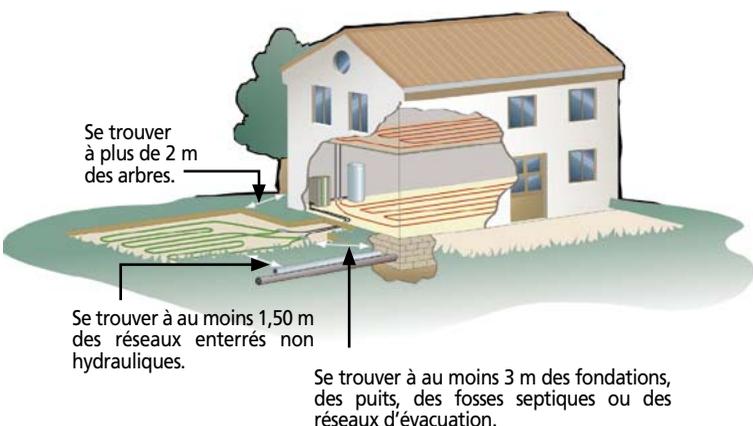
On estime la surface de capteur nécessaire de **1,5 à 2 fois la surface habitable à chauffer**. Pour une maison de 150 m², le capteur occupera entre 225 et 300 m² de votre jardin.

■ Pour les **capteurs verticaux**, deux sondes géothermiques d'environ **70 m de profondeur** chacune et distantes d'au moins 10 m, peuvent convenir pour chauffer une maison de 120 m² habitables (en fonction de la zone climatique et de l'isolation de la maison) .

L'emprise au sol est faible par rapport à des capteurs horizontaux mais la réalisation du forage exige un minimum de place et une bonne accessibilité.

Prendre quelques précautions

■ Les **capteurs horizontaux** doivent respecter certains principes de pose.



Pelouse, massifs de fleurs et buissons peuvent cohabiter avec le capteur horizontal enterré.

La surface au-dessus du capteur doit être perméable (pas de terrasse ou de construction) et ne pas être traversée par des réseaux d'eau (risque de gel). Le terrain ne doit pas être trop pentu, pour ne pas avoir à faire de remblai. Dans



Pose de capteurs horizontaux

un sol rocheux ou argileux, il est préférable d'installer les capteurs sur un lit de sable.

■ Les **sondes géothermiques** sont plus délicates à poser.



Pose d'une sonde géothermique

En plus des précautions signalées pour la pose des capteurs horizontaux, il est nécessaire de faire appel à une entreprise de forage qualifiée (le bureau de recherches géologiques et minières - BRGM - gère une liste de foreurs engagés dans une démarche de qualité) et de respecter les procédures administratives concernant la protection des sous-sols.

Choisir une configuration

■ Actuellement, en France, les PAC géothermiques les plus répandues sont celles à capteurs horizontaux. Elles sont **moins coûteuses** que les PAC à capteurs verticaux mais nécessitent de disposer d'une **surface de terrain suffisante**.

Elles sont donc surtout réservées au chauffage des maisons individuelles.

■ Les configurations verticales sont bien développées à l'étranger et l'on commence à voir de plus en plus de réalisations en France. Ces systèmes sont **plus coûteux** mais leur **emprise au sol est nettement plus réduite**.

Ils peuvent donc convenir pour chauffer des maisons individuelles et aussi de petits ensembles de logements et d'immeubles de bureaux qui sont limités par la surface environnante.

■ Ces PAC peuvent être intégrées à une installation de chauffage central classique existante (pompes à chaleur « en relève de chaudière »). Ceci permet d'économiser du combustible et de limiter les rejets d'une chaudière à gaz ou au fioul.

Un cas à part, les PAC sur eau de nappe

Elles aussi font partie des PAC géothermiques. La chaleur du sous-sol est celle contenue dans l'eau de nappes aquifères peu profondes (moins de 100 m) captée par forage. On les appelle en général pompes eau/eau.

Les PAC **sur eau de nappe** nécessitent un ou deux forages de 30 à 100 m de profondeur. Le captage doit être réalisé par un foreur professionnel et déclaré à la DRIRE locale (direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement)

Attention ! Démarches

Les forages sont soumis à des réglementations nationales et locales. Avant d'envisager un tel projet, il faut faire le point sur les démarches administratives à entreprendre et contacter un spécialiste (hydrogéologue agréé, Bureau de recherches géologiques et minières [BRGM], bureau d'études spécialisé).

Dans les systèmes à un seul forage, l'eau de nappe prélevée est rejetée dans une rivière, un plan d'eau ou un réseau d'eaux pluviales (si ce type de rejet y est toléré) après qu'on y ait prélevé les calories nécessaires.

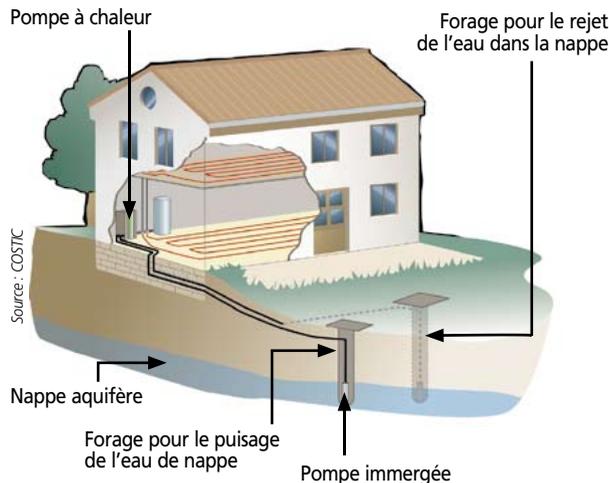
Dans le système à deux forages, le deuxième forage sert à réinjecter l'eau utilisée dans la nappe. Ce système, bien que plus coûteux, est fortement recommandé car il évite le gaspillage de l'eau souterraine, précieuse par nature.



Un débit suffisant

Pour qu'une pompe à chaleur sur eau de nappe donne toute satisfaction, il faut que le débit d'eau puisé dans la nappe soit suffisant et stable dans le temps. Le débit requis peut atteindre ou dépasser 1 m³/h et s'élever jusqu'à 3 m³/h pour une maison individuelle, selon son degré d'isolation.

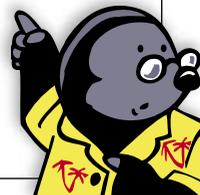
Pompe à chaleur eau/eau
Exemple d'une pompe à double forage



Et en rivière ?

Il est possible d'utiliser l'eau d'une rivière pour faire fonctionner une pompe à chaleur. Selon le débit prélevé par la pompe, le débit d'étiage du cours d'eau et le type de cours d'eau (domanial ou non), cet usage peut être soumis à déclaration ou à autorisation et assujéti à une redevance du domaine public (rivières domaniales).

Pour plus de renseignements, contacter la direction départementale de l'agriculture et de la forêt. C'est auprès d'elle que se font les démarches nécessaires.



Pompes aérothermiques, se chauffer de l'air du temps

Simple à mettre en œuvre, elles récupèrent les calories de l'air ambiant (intérieur ou extérieur au logement) et s'adaptent à de nombreuses situations : l'air est une source de chaleur facilement exploitable, sans capteur à installer et sans autorisation spéciale. Elles peuvent convenir dans une maison individuelle, neuve ou ancienne.

La température de l'air extérieur varie beaucoup au cours de l'année et peut descendre très bas en hiver. En conséquence, les performances des PAC aérothermiques varient elles aussi largement.

L'air, fournisseur de calories pour la PAC

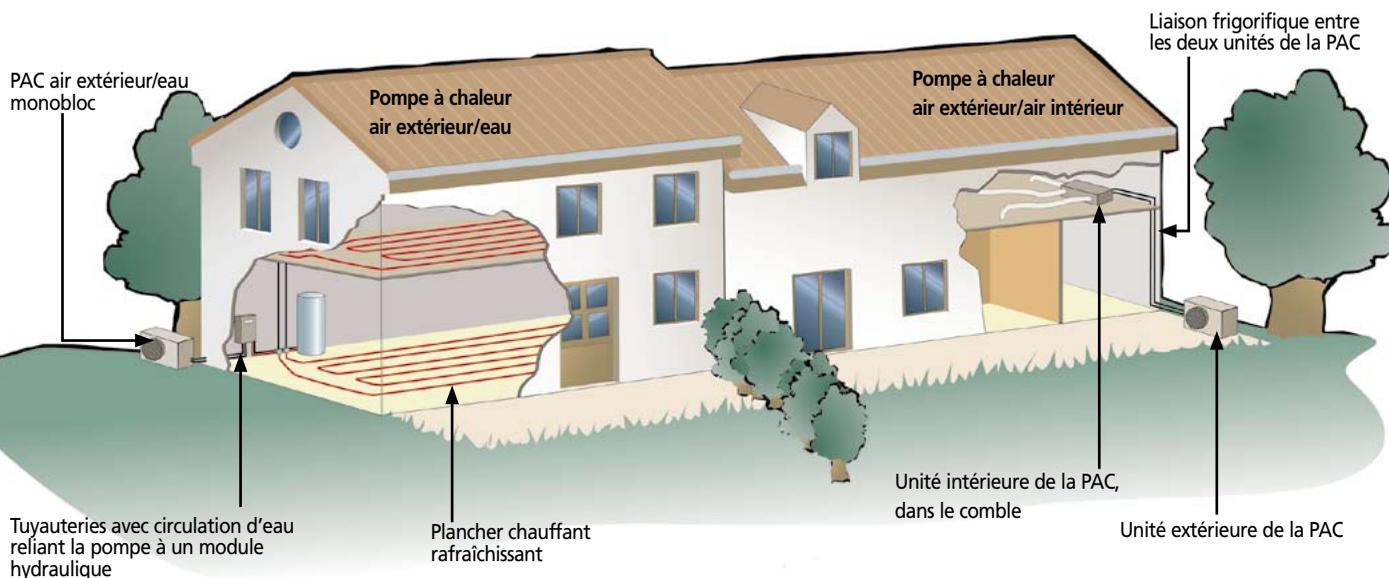
Les installations diffèrent selon l'air utilisé pour y puiser la chaleur.

■ L'air est puisé au dehors

La pompe à chaleur est installée à l'intérieur ou à l'extérieur du logement et **prélève la chaleur de l'air extérieur**. Quand il fait froid, l'évaporateur de la PAC, au contact de l'air extérieur, peut givrer et cela diminue son efficacité. Ce type de PAC est donc muni d'une régulation qui inverse périodiquement et pour un court moment son fonctionnement. Ceci assure le dégivrage de l'évaporateur.

Une **pompe air extérieur/eau** chauffe l'eau d'un circuit de chauffage. Les émetteurs de chaleur peuvent être un plancher chauffant, des radiateurs basse température et/ou des ventilo-convecteurs.

La pompe à chaleur peut être constituée d'un seul élément : on l'appelle alors pompe monobloc. Elle peut comporter aussi deux unités séparées, reliées par le circuit de liquide frigorigène.



Source : COSTIC

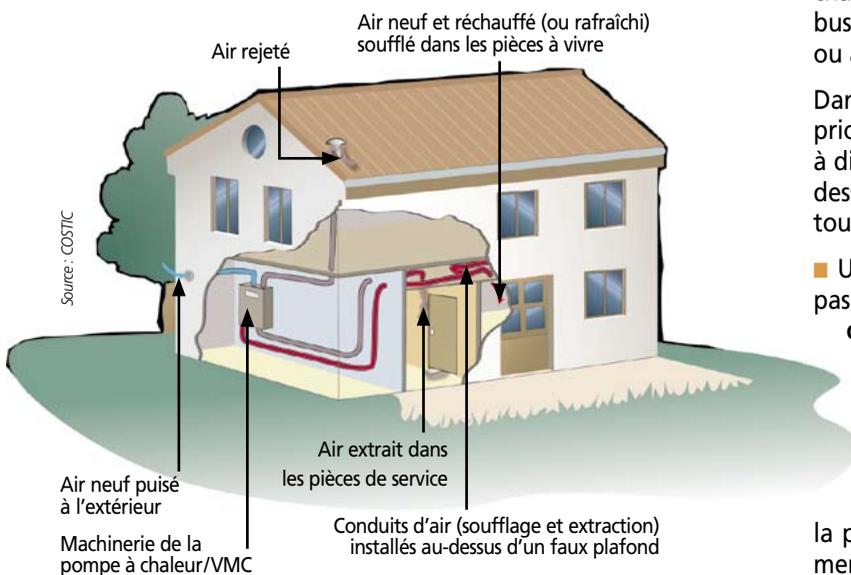
Une **pompe air extérieur/air intérieur** chauffe directement l'air du logement par le biais d'un ou plusieurs ventilo-convecteurs à détente directe.

Les PAC sur air extérieur peuvent être réversibles et assurer le rafraîchissement du logement en été.

■ L'air provient du logement

La **pompe à chaleur air extrait/air neuf** ou **VMC double flux thermodynamique** couple une ventilation mécanique contrôlée (VMC) double flux et une PAC. Elle assure à la fois le **renouvellement de l'air** du logement et son **préchauffage** : la PAC récupère la chaleur de l'air extrait par la VMC dans les pièces de service (cuisine, salle de bains et WC) et préchauffe ainsi l'air neuf soufflé dans les pièces à vivre (séjour, chambres).

Pompe à chaleur air extrait/air neuf



Pour que le système fonctionne, l'air doit pouvoir circuler d'une pièce à l'autre. Le **détalonnage** des portes (mise en place d'un espace de 2 cm environ au bas des portes) est indispensable pour permettre cette circulation.

Ce dispositif est **réversible** et peut assurer le rafraîchissement du logement en été.

Question d'appoint

■ Les **PAC aérothermiques** sont toujours munies d'un **système de chauffage d'appoint** pour pallier une éventuelle insuffisance de la PAC quand il fait froid. La baisse de la température extérieure s'accompagne d'une diminution de l'efficacité de la pompe, jusqu'à un point où elle s'arrête (selon les modèles, entre -10 et -20 °C). Le chauffage d'appoint (résistance électrique intégrée à la machine) assure alors le chauffage du logement. Certains modèles récents de PAC réversibles peuvent fonctionner sans appoint, même à basse température

■ Une **pompe à chaleur air extérieur/eau** peut aussi être intégrée à une installation de chauffage central classique existante (pompe à chaleur « en relève de chaudière »). Elle permet ainsi d'économiser du combustible et de limiter les rejets d'une chaudière à gaz ou au fioul.

Dans ce type d'installation, la PAC fonctionne en priorité tant que son rendement est acceptable, c'est à dire au-dessus d'un certain seuil de température. Au-dessous, la chaudière se met en marche pour couvrir tout ou partie des besoins de chauffage.

■ Une **pompe à chaleur air extrait / air neuf** ne couvre pas la totalité des besoins de chauffage : un **chauffage complémentaire** est toujours nécessaire.

Le bruit : attention au voisinage !

Certaines PAC aérothermiques sont bruyantes. Si la pompe à chaleur est installée à l'extérieur du logement, elle ne doit gêner ni ses habitants, ni les voisins. Il peut être nécessaire d'installer des dispositifs pour limiter la nuisance (écran anti-bruit, pose sur des plots anti-vibratiles, etc.).

En copropriété, avant d'installer une PAC aérothermique, il faut vérifier que ce type d'appareil y est autorisé.

pour éclairer le choix d'une PAC

	PAC sol/sol ou sol/eau	PAC eau glycolée/eau ou eau/eau
Coût	<ul style="list-style-type: none"> Investissement : de 70 à 100 € TTC par m² chauffé, hors eau chaude sanitaire et rafraîchissement. Fonctionnement : de 2,3 à 3,5 € TTC par m² et par an. 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement : <ul style="list-style-type: none"> - systèmes à capteurs horizontaux, de 85 € TTC par m² chauffé (option chauffage) à 135 € TTC par m² chauffé (option chauffage et rafraîchissement) ; - systèmes à capteurs verticaux, de 145 à 185 € TTC par m² chauffé ; - systèmes sur eau de nappe, 80 à 130 € TTC par m² chauffé. Fonctionnement : de 2,3 à 3,5 € TTC par m² et par an.
Appoint	Pas nécessaire.	Pas nécessaire.
Eau chaude sanitaire	Production possible.	Production possible.
Rafraîchissement	Pas possible sur plancher chauffant, possible avec des unités à détente directe.	Possible (sauf si les émetteurs sont des radiateurs) et bien maîtrisé.
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> Système simple, coût limité pour du géothermique ; adaptée aux climats rigoureux ; existence obligatoire d'un avis technique du CSTB (pompe sol/sol). 	<ul style="list-style-type: none"> Adaptée aux climats rigoureux ; peu de fluide frigorigène, confiné dans la PAC ; adaptation possible à un réseau de chauffage central existant.
Contraintes	<ul style="list-style-type: none"> Systèmes à capteurs horizontaux seulement ; quantité importante de fluide frigorigène mise en œuvre (surtout pour la pompe sol/sol) ; exiger une solide expérience de l'installateur. pour la PAC sol/sol, technologie de plancher spécifique. 	<ul style="list-style-type: none"> Système plus coûteux qu'une PAC sol/sol ou sol/eau Pour les PAC à capteurs verticaux ou sur eau de nappe : <ul style="list-style-type: none"> exiger une solide expérience de l'installateur et du foreur ; démarches et autorisations à envisager ; coût élevé des forages.

PAC air extérieur/eau	PAC air extérieur/air ou air extrait/air neuf
<ul style="list-style-type: none"> Investissement : de 65 € TTC par m² à 90 € TTC par m² (chauffé et rafraîchi) ; Fonctionnement : de 2,5 € TTC par m² et par an à 3,7 € TTC par m² et par an. 	<ul style="list-style-type: none"> Investissement : de 60 € TTC par m² à 90 € TTC par m² (chauffé et rafraîchi) ; Fonctionnement : de l'ordre de 2,5 € TTC par m² et par an à 3,7 € TTC par m² et par an.
Toujours intégré au système, peu ou pas utilisé dans les systèmes les plus performants, nécessaire pour les autres.	Toujours nécessaire.
Préchauffage ou production possibles	Non conçu pour produire de l'eau chaude sanitaire.
Possible (sauf si les émetteurs sont des radiateurs) et bien maîtrisé.	Possible et bien maîtrisé.
<ul style="list-style-type: none"> Système simple, coût limité ; utilisable en appartement à chauffage individuel ; peu de fluide frigorigène, confiné dans la PAC ; adaptation possible à un réseau de chauffage central existant. 	<ul style="list-style-type: none"> Utilisable en appartement à chauffage individuel ; couplage avec la VMC pour les PAC air extrait/air neuf.
<ul style="list-style-type: none"> Exiger des modèles particulièrement performants dans les climats rigoureux ; vérifier le niveau de bruit développé par la PAC. 	<ul style="list-style-type: none"> N'assure pas la production d'eau chaude sanitaire ; nécessite le passage d'un réseau de gaines de soufflage de l'air (dans un faux-plafond ou des combles, accessibles pour les besoins de l'entretien). n'assure pas la totalité du chauffage pour les PAC air extrait/air neuf.



pose et entretien une affaire de spécialiste

Un équipement qui demande à être bien pensé et bien posé

Les pompes à chaleurs sont des appareils bien au point mais plutôt sophistiqués. Leur conception, leur élaboration, leur dimensionnement et leur pose **exigent un savoir-faire spécifique**.

Assurez-vous de la qualité du matériel que vous avez choisi et des compétences des professionnels dont vous vous entourez :

- en vérifiant que la PAC a fait l'objet du **marquage Eurovent** ou en prenant connaissance d'un éventuel **avis technique du CSTB** ;
- en vérifiant que le fabricant et l'installateur ont une solide expérience de ce type d'installation, vous proposent un matériel fiable adapté aux caractéristiques de votre habitation et peuvent en effectuer la pose dans les meilleures conditions. **Ne négligez pas la maintenance et le service après-vente.**



L'ADEME conseille de choisir des installateurs expérimentés, et s'associe à la mise en place de la **charte qualité** de l'Association française pour la pompe à chaleur (AFPAC), charte visant à fédérer les installateurs qui s'engagent à réaliser des systèmes performants, en respectant les règles de mise en œuvre.

Une installation robuste, mais à entretenir

■ Quel entretien doit-on faire soi-même ?

Pour les pompes aérothermiques :

- il faut que l'air **circule librement** autour de l'**unité extérieure** d'une pompe sur air. Il faut donc veiller régulièrement à ce qu'aucun obstacle (feuilles d'arbres, objets divers) ne vienne gêner cette circulation.
- les bouches d'insufflation et les unités à détente directe doivent être **dépoussiérées et nettoyées périodiquement** (à l'eau savonneuse).



Pour les pompes géothermiques, l'utilisateur n'a pas d'entretien particulier à assurer lui-même.

■ Maintenance et contrat d'entretien, une affaire de spécialistes

Pour que l'installation conserve ses performances et dure longtemps, il faut la faire surveiller et entretenir par un spécialiste **tous les ans**. Il contrôlera en particulier l'étanchéité du circuit frigorifique. Cette vérification ne peut être effectuée que par une **entreprise qualifiée respectant la réglementation existante**.

Signer un **contrat de maintenance**, c'est s'assurer d'une visite annuelle (éventuellement biannuelle pour une PAC réversible) pendant laquelle un technicien réalisera la liste d'opérations définies par le contrat.

■ Que faire d'une PAC en fin de vie ?

Elle doit être démontée par un spécialiste qui **récupérera le fluide frigorigène pour le recycler ou le détruire**. En particulier, les PAC anciennes contiennent des fluides frigorigènes maintenant interdits. Ils doivent être récupérés par une **entreprise habilitée à la manipulation des fluides** (inscrite en préfecture) pour être traités ou détruits.

des aides financières

Des incitations fiscales

L'acquisition de matériels utilisant des énergies renouvelables pour le chauffage est encouragée par les Pouvoirs publics grâce à des aides, en particulier un crédit d'impôt important.

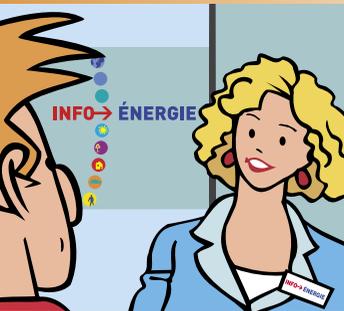
■ Le crédit d'impôt

Qu'est ce que le crédit d'impôt ?

C'est une disposition fiscale permettant aux ménages de déduire de leur impôt sur le revenu une partie des dépenses réalisées pour certains travaux d'amélioration énergétique portant sur leur résidence principale. Si ce crédit d'impôt est supérieur au montant de l'impôt dû, l'excédent est remboursé au ménage. C'est le cas par exemple des ménages ne payant pas d'impôt.

Vous pouvez en bénéficier pour l'achat dans votre résidence principale neuve, ancienne ou encore en construction, d'une pompe à chaleur de **type géothermique ou air / eau ayant un COP supérieur ou égal à 3**. Un crédit d'impôt est également accordé pour l'achat d'une PAC air/air mais selon des critères plus restrictifs. Le crédit d'impôt est réservé aux particuliers domiciliés fiscalement en France.

→ Pour en savoir plus sur le crédit d'impôt, voyez le site de l'ADEME : www.ademe.fr/credit-impot.



Dans les espaces **INFO → ÉNERGIE** des spécialistes conseillent gratuitement les particuliers sur toutes les questions relatives à l'efficacité énergétique et la protection de l'environnement : quels sont les gestes simples à effectuer, quel type d'équipement choisir, quelles sont les aides accordées et les incitations fiscales en vigueur, etc.

Le montant



Ce crédit d'impôt se monte à **40 % des dépenses TTC** payées entre le 1^{er} janvier 2005 et le 31 décembre 2005 ; **50 % des dépenses TTC** payées entre le 1^{er} janvier 2006 et le 31 décembre 2009.

Ces dépenses s'entendent subventions déduites et hors main d'œuvre. Les montants sont plafonnés en fonction de votre situation familiale.

Les conditions



Dans un **logement acheté neuf**, la pompe à chaleur doit avoir été intégrée par le vendeur ou le constructeur.

Dans un **logement ancien ou en construction** entre le 1^{er} janvier 2005 et le 31 décembre 2009, elle doit être fournie par l'entreprise chargée de l'installation.



L'entreprise qui a réalisé les travaux, le vendeur ou le constructeur doit vous fournir une **attestation** ou une **facture** dont vous joignez une photocopie à la déclaration d'impôt. Ces documents doivent faire clairement ressortir la part « **fourniture de matériel, TVA comprise** » et le COP de la machine.

→ Pour en savoir plus, consultez le guide de l'ADEME « Les aides financières 2006 », n° 5837.

■ Un taux de TVA réduit

Vous pouvez bénéficier d'un taux réduit de **TVA à 5,5 %** pour la fourniture et l'installation d'une pompe à chaleur dans votre résidence principale ou secondaire achevée depuis plus de deux ans.

Les conditions

Cette aide s'applique jusqu'au 31 décembre 2010.

L'entreprise qui vous vend le matériel et en assure la pose applique la réduction de TVA.

Des aides des collectivités territoriales

Des primes ciblées sont également proposées par certaines régions, départements ou communes, pour des modèles préconisés par l'ADEME. Renseignez-vous localement auprès de l'espace **INFO → ÉNERGIE** le plus proche de chez vous.

Des aides d'EDF

Sous certaines conditions, EDF peut délivrer des **accompagnements financiers** (prêts à taux réduits, etc.) pour la mise en œuvre d'une PAC. Contactez votre agence EDF pour en connaître le détail.

Les matériels éligibles aux aides EDF doivent bénéficier du **label Promotelec**.

La subvention et les primes de l'ANAH

L'Agence nationale pour l'amélioration de l'habitat (ANAH) peut vous accorder une **aide** si vous installez une pompe à chaleur.

Votre logement doit avoir plus de quinze ans et être votre résidence principale ou celle de vos locataires.

→ **Pour en savoir plus** sur les aides de l'ANAH, consultez le guide de l'ADEME « Les aides financières 2006 », n° 5837.

Des liens utiles

Le site internet de l'ADEME et du BRGM :

www.geothermie-perspectives.fr

Le site internet de l'ADEME sur le crédit d'impôt :

www.ademe.fr/credit-impot

Le site internet du CSTB :

www.cstb.fr

Le site internet de l'Association française pour la pompe à chaleur (AFPAC) :

www.afpac.org



en résumé...

■ Les pompes à chaleur sont avant tout des **systèmes de chauffage**. Même si certaines peuvent faire du rafraîchissement, la finalité essentielle de ces systèmes doit être la production de chaleur.

■ Les pompes à chaleurs sont des appareils sophistiqués. Le dimensionnement de l'équipement et son installation exigent le savoir-faire spécifique d'un professionnel compétent et expérimenté.

■ Il est conseillé de choisir une pompe à chaleur présentant le COP le plus élevé possible et en tout cas supérieur à 3.

■ Pour que l'installation conserve ses performances et dure longtemps, il faut la faire surveiller et entretenir par un spécialiste tous les ans.

■ En fin de vie, la pompe à chaleur doit être démontée par un spécialiste qui récupérera le fluide frigorigène pour le recycler ou le détruire.

L'ADEME

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie est un établissement public sous la tutelle conjointe des ministères de l'Ecologie et du Développement durable, de l'Industrie et de la Recherche.

Elle participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle intervient dans les domaines suivants : la prévention de la pollution de l'air, la limitation de la production et la gestion des déchets, la maîtrise de l'énergie, la promotion des énergies renouvelables, la préservation des sols et la lutte contre les nuisances sonores.

Près de chez vous, trouvez des conseils pratiques et gratuits sur la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables. Vous pouvez agir simplement pour réduire vos factures et préserver votre planète.

Et si vous voulez connaître l'adresse de l'espace **INFO** → **ÉNERGIE** le plus proche de chez vous :

N° Azur (prix d'un appel local)

0 810 060 050

L'ADEME à votre service, c'est aussi :

Internet

www.ademe.fr

pour retrouver sur internet les guides de cette collection.



ADEME



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
Siège social : 2, square La Fayette
BP 90406 - 49004 ANGERS cedex 01



Imprimé par IME avec des encres végétales sur papier certifié Écolabel Nordique

Réalisation : Graphies www.graphies.com

4288

Mai 2006