



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



Génération O2

11 rue d'amsterdam

54500 Vandoeuvre les nancy



Université de Lorraine Nancy

Faculté des sciences et

technologies de Nancy

Le Montet, rue du doyen Urion

54600 Villers-lès-Nancy

## **Rapport de stage**

# Analyse d'une rénovation énergétique d'habitation

### Mécanique et Energie procédés produits

Tu Jia

Master 2 MEPP

Date de soutenance : 04 /09 /2012

Maîtres de Stage :

Jacques Charpentier

# Remerciement

Je tiens à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique de faculté des sciences de Nancy et les intervenants professionnels responsables de la formation Mécanique et énergie procédés produits, pour avoir assuré la partie théorique de cette dernière.

Je remercie Monsieur Jacques Charpentier, Président de l'entreprise Génération O2, de m'avoir accueilli au sein de son entreprise lors de ce stage et de ce fait d'avoir rendu cette collaboration possible ; ainsi que pour son aide et ses conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport.

Je remercie également Monsieur Fabien LEGER, agent technicien conseils, de m'avoir intégré si rapidement au sein de l'entreprise, m'accordant temps, confiance, et patience en répondant à toutes mes interrogations.

Je tiens à remercier Monsieur Anthony GOUTHIER, stagiaire au sein de Génération O2, pour son aide qui ma permise de m'intégrer commercialement dans l'entreprise.

Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel de Génération O2 pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de cette étape.

## SOMMAIRE

|      |   |    |
|------|---|----|
| I.   | Présentation d'entreprise .....   | 4  |
| 1)   | Présentation .....  | 4  |
| 2)   | Situation géographique .....  | 5  |
| 3)   | Fiche signalétique de l'entreprise .....                                  | 5  |
| 4)   | Organisation de l'entreprise.....   | 6  |
| II.  | Rénovation d'une habitation.....  | 7  |
| 1)   | Présentation générale .....   | 7  |
| 2)   | Travaux des rénovations .....   | 7  |
| III. | Pompe à chaleur.....  | 9  |
| 1)   | Présentation générale d'une pompe à chaleur.....                          | 9  |
| 2)   | Types des pompes à chaleur (Annexe1).....                                 | 10 |
| 3)   | Les émetteurs de une pompe à chaleur.....                                 | 14 |
| IV.  | Ventilation mécanique contrôlée (VMC).....                                | 17 |
| 1)   | Présentation Ventilation mécanique Contrôlée (VMC) .....                  | 17 |
| 2)   | Types des VMC (Annexe 2).....   | 17 |
| 3)   | Réglementation .....  | 20 |
| 4)   | Puits canadien .....  | 21 |
| V.   | Production eau chaude .....   | 23 |
| 1)   | Consommation d'eau chaude sanitaire .....                                 | 23 |
| 2)   | Chauffe-eau thermodynamique.....  | 23 |
| 3)   | Chauffe-eau solaire thermodynamique .....                                 | 24 |
| VI.  | Isolation thermique .....   | 26 |
| 1)   | Pertes de chaleur d'une maison.....                                       | 26 |
| 2)   | Les caractéristiques d'un isolant : .....                                 | 28 |
| 3)   | Coefficient de conductivité thermique .....                               | 28 |
| 4)   | Le coefficient de transmission thermique et la résistance thermique ..... | 29 |
| 5)   | Calcul des déperditions de la maison (Annexe 3) .....                     | 30 |
| 6)   | Calcul consommation chauffage annuel .....                                | 32 |
| VII. | Aides financières pour les économies d'énergie .....                      | 33 |
| 1)   | Crédit impôt (Annexe).....  | 33 |
| 2)   | Eco-prêt.....   | 33 |
| 3)   | Taux du crédit d'impôt et Caractéristiques pour les équipements.....      | 34 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| VIII. | Présentation un projet de rénovation.....   | 36 |
| 1)    | Présentation générale du projet .....   | 36 |
| 2)    | Présentation administrative du projet (Annexe 4).....   | 37 |
| 3)    | Calculs des déperditions et la consommation d'énergie avec le logiciel (Annexe 5).....  | 38 |
| 4)    | La solution d'économie d'énergie pour chauffage (Annexe 6) .....  | 40 |
| 5)    | La production de l'eau chaude sanitaire .....   | 42 |
| 6)    | Les autres solutions énergétique mis en place .....   | 44 |
| 7)    | Devis client .....  | 45 |
| 8)    | Les aides au financement.....   | 46 |
| 9)    | Economie et amortissement .....   | 47 |
| 10)   | Conclusion .....  | 48 |
| IX.   | Conclusion .....  | 49 |
| X.    | Bibliographie.....  | 50 |
| XI.   | Résumé et mots-clés .....   | 51 |
|       | Annexes 1: le choix d'une PAC .....   | 53 |
|       | Annexe 2: Comparaison les différentes VMC.....  | 54 |
|       | Annexe 3: Tables des DJU.....   | 55 |
|       | Annexe 4 : Caractéristique chauffage actuel.....  | 61 |
|       | Annexe 5:Coût comparatif du chauffage pour des habitations de 50m <sup>2</sup> à 200m <sup>2</sup> situe en zone<br>climatique1 (température de référence -15°C)..... | 62 |
|       | Annexe 6: Caractéristique de Pompe à chaleur Panasonic T-cap 12 Kw .....  | 63 |

# **I. Présentation d'entreprise**

## **1) Présentation**

Fondée en 2011 par Jacques Charpentier, Génération O2 est une entreprise qui est spécialisée dans le domaine des énergies renouvelables et des économies d'énergie pour l'habitat et le tertiaire. Elle propose des études et des conseils pour l'amélioration de la performance énergétique, et sélectionne des solutions énergétiques efficaces, rentables et durables pour les clients. Cette entreprise est née de la volonté de son équipe dirigeante de participer à l'éco-développement du territoire en valorisant des solutions performantes et économiquement accessibles.

Génération O<sub>2</sub> sélectionne pour les clients des produits énergétiques avec des fournisseurs locaux et nationaux, partenaires des plus grandes marques : Mitsubishi, Panasonic, Dimplex, Atlantic, Rexair, Vivesol, Altech, etc... L'ensemble des équipes met tout son savoir-faire acquis dans l'amélioration de l'habitat depuis plus de 15 ans.

Génération O2 recherche aux côtés de ses clients les meilleures solutions en terme de Qualité de produits, coûts, durabilité et économies d'énergies.

Fort des nombreux partenariats, Génération O<sub>2</sub> réunit l'ensemble des compétences nécessaires aux projets de rénovation énergétique des bâtiments :

- audit énergétique et diagnostic thermique,
- dimensionnement d'installations de production d'énergie renouvelable,
- pose et entretien de pompes à chaleur air-air et pompes à chaleur air-eau,
- pose et entretien de production d'eau chaude (PAC thermodynamiques et thermo solaires),
- pose et entretien de systèmes de climatisation (PAC aérothermiques réversibles),
- réalisation de circuits plancher chauffant et radiateurs pour le chauffage central,
- pose de systèmes de ventilation (VMC),
- pose de systèmes de production d'énergie solaire,
- préconisation et réalisation d'isolation thermique intérieure et extérieure,
- préconisation et pose de menuiseries et fenêtres isolantes.



Année de constitution : **2011**

Sasu au capital : **10000 euro**

Siret : **531090322 00011**

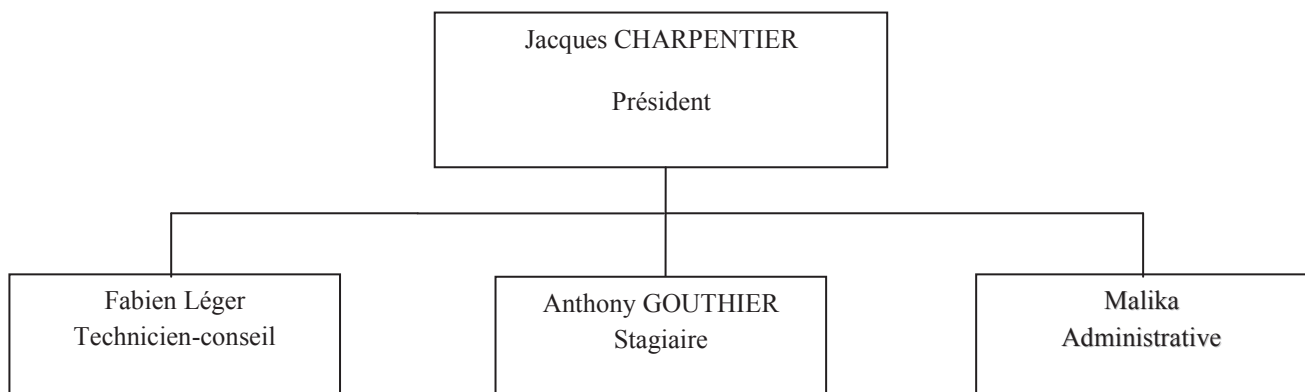
N° TVA FR : **00 531 090 322 00011**

Chiffre d'affaires : **En 2011 240 k€**

Mail : **administration@generationO2.com**

Tél : **03 83 98 85 08**

#### **4) Organisation de l'entreprise**





## **II. Rénovation d'une habitation**

### **1) Présentation générale**

Actuellement en France les bâtiments consomment une importante partie d'énergie, soit environ 43% sur la totalité. Ils rejettent aussi une grande quantité de gaz à effet de serre. La consommation énergétique moyenne des logements dépasse les 200 kWh/m<sup>2</sup>/an, avec de forte variation suivant le type de logement, la date de construction ainsi que la zone climatique dans laquelle il se situe.

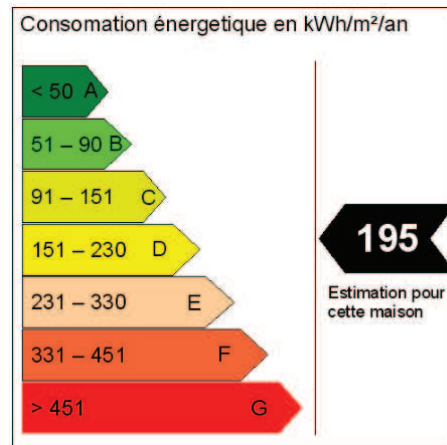
Afin de réaliser des économies d'énergie et de faire respecter l'environnement, les pouvoirs publics ont décidés depuis peu de renforcer les exigences de performance énergétique des bâtiments. La nouvelle Réglementation thermique (RT) s'applique depuis 2012. C'est cette dernière qui fixe des exigences minimales sur les produits et équipements à mettre en œuvre pour toute intervention concernant l'isolation, le chauffage, la climatisation, l'eau chaude sanitaire, la ventilation etc... La nouvelle RT 2012 fixe une consommation d'énergie primaire inférieure à 50 kWh/m<sup>2</sup>/an.

En France 19 millions de logements ont été construits avant 1975. C'est à dire qu'il n'existait pas de réglementation thermique pour eux. Les anciens logements en défaut d'une isolation conforme aux nouvelles normes en vigueur jouissent d'une performance faible pour leurs équipements de chauffage, et sont de ce fait bien plus énergivores que les logements récents. C'est pourquoi, afin d'améliorer le confort et l'efficacité énergétique des anciens logements, nous prenons la rénovation comme une priorité. La rénovation d'une habitation permet non seulement de réduire la consommation d'énergie mais aussi d'en limiter les émissions de gaz à effet de serre. Le Grenelle Environnement s'est fixé l'objectif suivant : rénover 400 000 logements chaque année à compter de 2013.

### **2) Travaux des rénovations**

Avant toutes propositions de travaux de rénovation pour une ancienne habitation, un diagnostic de performance énergétique est proposé pour connaître l'état énergétique et les points faibles de l'habitation en question. Ce diagnostic démontre le niveau de consommation d'énergie du bâtiment, le niveau

d'émission de gaz à effet de serre ainsi que la recommandation et préconisation pour réduire la consommation.



*Figure 1 : Illustration de l'échelle de consommation d'énergie pour les logements*

Il existe 3 méthodes principales qui permettent d'effectuer une rénovation en respectant la nouvelle réglementation thermique :

1. Isolation des logements pour diminuer les besoins en énergie
2. Equiper des systèmes de chauffage, l'eau chaude sanitaire et ventilation plus efficaces
3. Utilisation des énergies renouvelable

L'isolation d'un logement, l'installation d'une pompe à chaleur, ventilation et chauffe-eau thermodynamique sont des travaux rentables au long terme. Ils amortissent leur investissement en très peu de temps. On peut de plus bénéficier d'un crédit d'impôt pour certain des travaux d'amélioration ou de rénovation.

La partie technique suivante va vous expliquer de façon plus explicite toutes les solutions énergétiques mise à disposition pour une rénovation efficace et conforme à la réglementation imposée par la nouvelle norme.

### III. Pompe à chaleur

#### 1) Présentation générale d'une pompe à chaleur

Une pompe à chaleur est un dispositif thermodynamique permettant de transférer la chaleur du milieu "fournisseur de calories" (en le refroidissant) vers le milieu récepteur de chaleur (qui est donc chauffé). Une PAC est un système qui valorise l'énergie disponible dans l'environnement immédiat (sol, air, eau). Installé une pompe à chaleur permet d'économiser 75% sur la consommation de chauffage en comparaison de radiateurs électriques. Il est composé d'un compresseur, d'un détendeur, d'un évaporateur et d'un condenseur. La chaleur prélevée dans le milieu naturel est captée par le fluide caloporteur au niveau de l'évaporateur, une fois le fluide capturé il change d'état et se transforme en vapeur. Le compresseur comprime cette vapeur, augmentant ainsi sa pression. Ensuite la vapeur se condense au niveau du condenseur et il transmet sa chaleur dans la pièce à chauffer (radiateur, plancher chauffant etc.). La vapeur change d'état et se transforme en fluide. Le fluide passe par le détendeur et la température du fluide s'abaisse dans le détendeur, le rendant prêt pour un nouveau cycle.

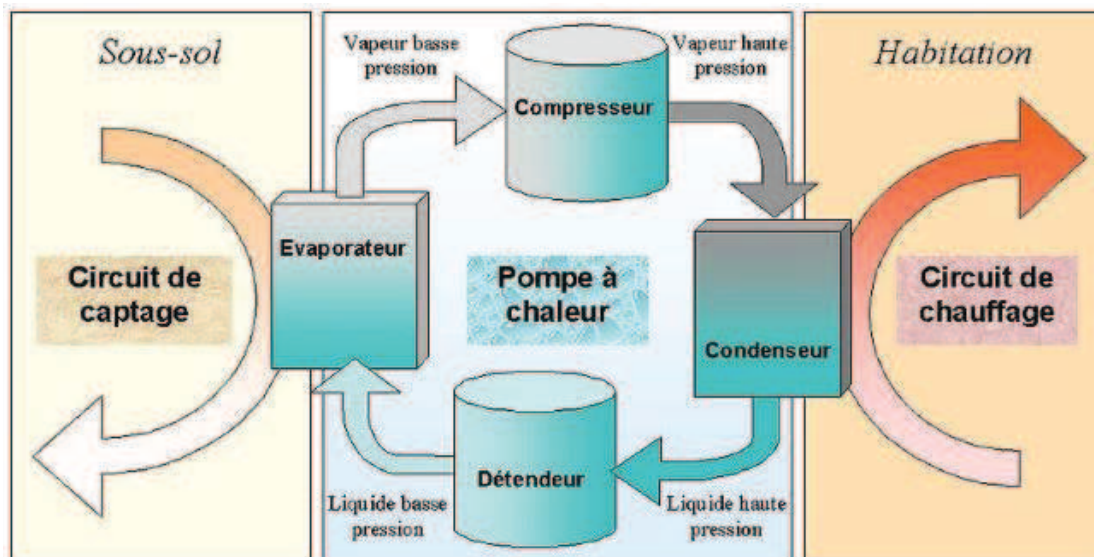


Figure 2: Fonctionnement de la pompe à chaleur

La performance d'une pompe à chaleur s'exprime par le coefficient optimal de performance (COP). Le COP est mesuré par le fabricant. Il est le rapport entre la quantité d'énergie restituée par la pompe à chaleur et l'énergie consommée pour la faire fonctionner. Par exemple pour les PAC d'1 kWh d'énergie électrique consommée, ce sont 2 à 5 kWh d'énergie thermique qui sont délivrés dans le bâtiment. Le COP est entre 2 et 5. Il dépend des conditions de température de l'environnement dans lequel l'évaporateur absorbe la chaleur. Donc il est valable pour une température d'essai donnée. Dans la pratique, quand la température extérieure est plus froide que cette température d'essai, l'efficacité énergétique de la pompe à chaleur diminue et devient inférieure au COP théorique. À l'inverse, le COP de l'installation est supérieure au COP théorique quand la température extérieure est plus chaude que la température d'essai. Le COP moyen annuel est calculé par le rapport entre la consommation annuelle électrique de la PAC et l'énergie totale fournie par l'installation au logement.

$$COP_{chaud} = \frac{-Q_{chaud}}{W} \leq \frac{T_{chaud}}{T_{chaud} - T_{froid}}$$

$$COP_{froid} = \frac{Q_{froid}}{W} \leq \frac{T_{froid}}{T_{chaud} - T_{froid}}$$

Les températures T sont exprimées en Kelvin.

La pompe à chaleur est de plus en plus prisée par les particuliers construisant de nouveaux logements. La France demeure le pays le plus dynamique d'Europe en termes d'installation PAC. Un total de 53 510 pompes à chaleur domestiques ont été installées en France en 2006 contre seulement un millier en 1997. Ce chiffre permet à ce pays de devenir le second marché européen pour cet appareil derrière la Suède. L'an dernier, 152.510 pompes à chaleur (PAC) ont été installées en France. Par rapport au nombre d'installations réalisées en 2007, cela représente une hausse de 119%. 133.080 installations (+161%) sont de types aérothermiques contre 19.430 installations (+3,3%) de type "géothermique".

## 2) Types des pompes à chaleur (Annexe1)

Les PAC géothermiques : Elles 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 : Elles puisent directement les calories dans l'air ambiant, extérieur ou intérieur du logement.

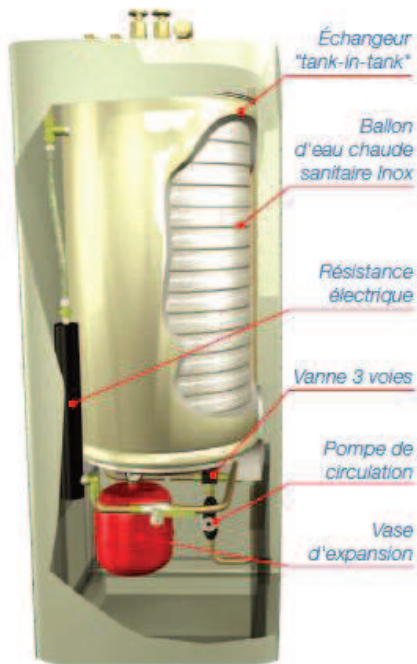


Figure 3: Le module hydraulique Borö

Il y a deux grands types d'échangeur pour Les PAC aérothermiques :

Échangeur à détente directe dans une unité d'échange air-air,

Échangeur à plaques dans une unité d'échange air-eau.

Les 2 types de pompe à chaleur fonctionnent sur le même principe : elles utilisent une source de chaleur extérieure, réchauffent ce qu'elle capte (air ou eau) et redirigent cette chaleur vers l'intérieur du logement.

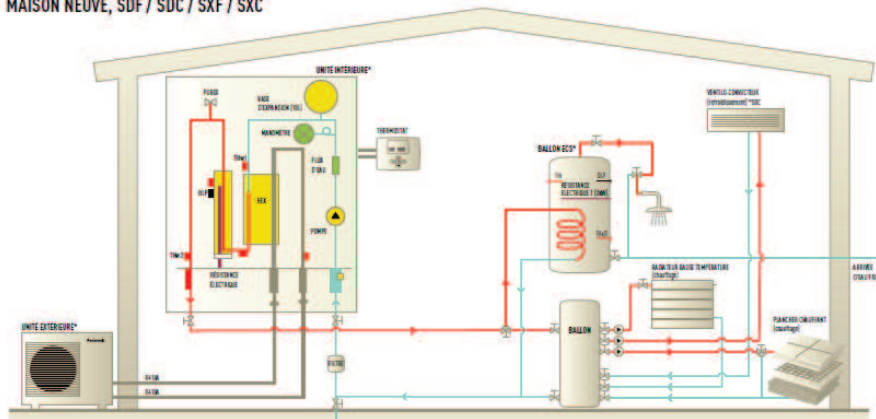
- **Pompe à chaleur air/eau**

Un système de pompe à chaleur air/eau utilise l'énergie présente dans l'air extérieur pour chauffer, refroidir la maison ou disponible de produire de l'eau chaude sanitaire. L'air est une énergie renouvelable et gratuite. L'installation est composée d'un groupe extérieur chargé de récupérer les calories gratuites contenues dans l'air extérieur et d'un module hydraulique intérieur qui produit du chauffage ainsi que de l'eau chaude sanitaire. Le module hydraulique est situé dans la maison dans le cas d'un système bi-bloc, ou à l'intérieur de l'unité extérieure dans le cas d'un système monobloc. Les calories gratuites sont transportées au moyen d'un gaz frigorigère écologique avec un fort pouvoir d'échange thermique (R410A). Le fluide frigorigère R410-A, est un Hydrofluorocarbure, il est insensible au gel jusqu'à des températures de  $-100^{\circ}\text{C}$ . Le circuit de fluide frigorigère est possible d'aller jusqu'à 25 m.

Les 2 unités de la pompe à chaleur air /eau :

1. L'unité extérieure : elle puise des calories dans l'air extérieur, même au cœur de l'hiver, et les envoie vers l'unité intérieure.
2. L'unité intérieure : elle reçoit les calories et les injecte dans le circuit de chauffage central et éventuellement dans le circuit d'eau chaude.

AQUAREA AVEC PLANCHER CHAUFFANT ET BALLON D'EAU CHAUDE, EN APPLICATION DE POMPE À CHALEUR POUR MAISON NEUVE, SDF / SDC / SXF / SXC



Pour les installations de pompe à chaleur air/eau il existe plusieurs façons selon les besoins et les contraintes spécifiques à chaque habitation :

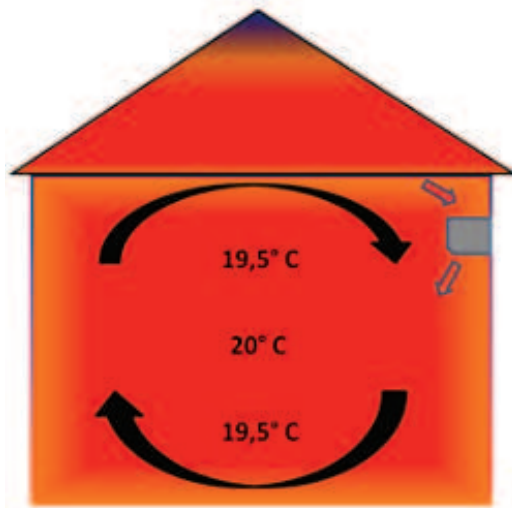
1. remplacement total de la chaudière par la pompe à chaleur (PAC) air-eau;
2. fonctionnement en bi-énergie (PAC air-eau + Chaudière);
3. plusieurs pompes à chaleur (PAC) air-eau en cascade;
4. combinaison pompe à chaleur air-eau et pompe à chaleur air-air.

- **Pompe à chaleur Air/Air**

Le Pompe à chaleur air/air prend les calories dans l'air extérieur. Ces calories sont comprimées puis transportées au fluide frigorigène. L'unité intérieure reçoit les calories et les diffuse dans la maison par l'air. La pompe à chaleur air-air peut également être utilisée pour rafraîchir la maison en été. L'installation d'une pompe à chaleur (PAC) air-air est pratique et économique qui s'amortit et peut être rentabilisée en quelques années.

Les 2 unités de la pompe à chaleur air /air :

1. L'unité extérieure : elle puise des calories dans l'air extérieur au cœur de l'hiver et les envoie vers une ou plusieurs unités intérieures.
2. L'unité intérieure : elle reçoit les calories et les injecte dans la maison. Les unités intérieures sont équipées en série de filtres d'air micro perforés qui peuvent purifier l'air ambiant.



Les unités intérieures sont généralement placées en hauteur et soufflent vers le bas en permanence. L'air chauffé étant plus léger que l'air froid il est dirigé vers le bas pour que la chaleur monte. Les unités intérieures aspirent l'air en hauteur et les rejettent vers le bas créant ainsi une véritable bulle thermique de confort avec une chaleur homogène du sol au plafond et dans toute la pièce.

Figure4: circulation de l'air dans la chambre

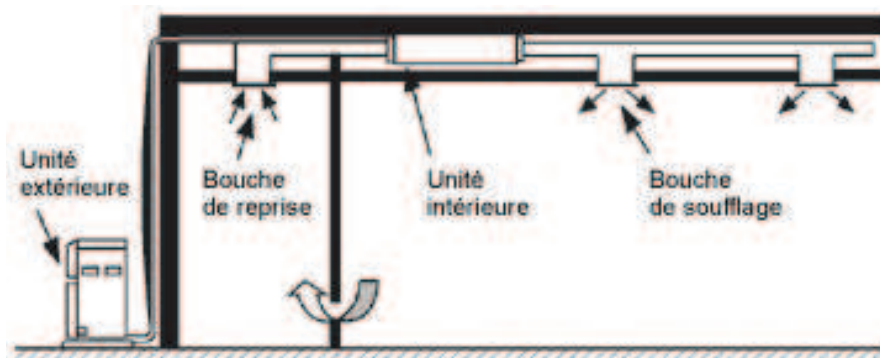


Figure5: Pompe à chaleur Air/Air

- **Pompe à chaleur géothermique**

La pompe à chaleur géothermique est l'utilisation de l'énergie thermique des couches profondes de l'écorce terrestre. En été la température du sol augmente de 2 à 3 °C par 100 m de profondeur. Le principe est de récupérer la chaleur de la terre avec un forage ou un réseau de tubes. Il existe 2 types de PAC géothermique : horizontale et verticale.

## PAC Géothermique horizontale :

La PAC Géothermique avec forage horizontale se compose d'un capteur de sol, ce sont des tubes de polyéthylène ou de cuivre gainés de polyéthylène. Le capteur est souvent constitué d'un circuit d'eau glycolée enterré en moyenne à soixante-dix centimètres de profondeur et il est en général sous un jardin. La surface est deux fois plus importante que la surface de la maison. Actuellement, en France les PAC Géothermiques horizontaux sont plus répandues, elles sont moins coûteuses que les PAC Géothermique verticaux mais nécessitent d'une surface de terrain suffisant.

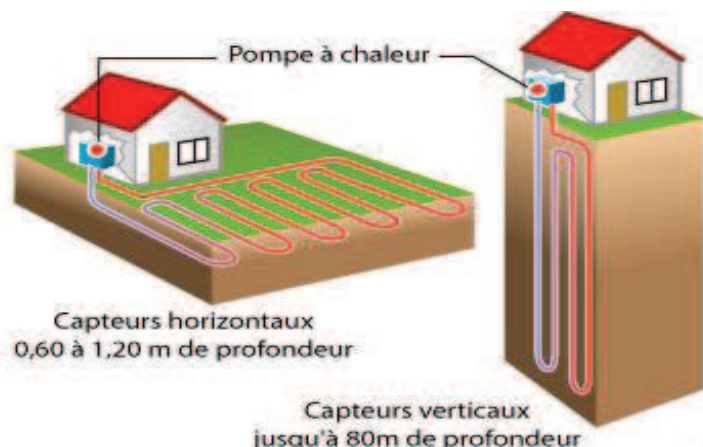


Figure 6: Pompe à chaleur géothermique

## PAC Géothermique verticale :

Le PAC Géothermique avec forage verticale a besoin de creuser un trou de 75 à 100 mètres dans le jardin pour insérer des tubes. Le tube de polyéthylène formant un U installés dans un forage. Les performances des pompes à chaleur s'expriment par des coefficients qui rendent compte de leur efficacité. Le COP de PAC géothermique est entre 4 et 6. Les PAC Géothermique verticale sont coûteuse mais la surface de sol est plus réduite.

### 3) Les émetteurs de une pompe à chaleur

Il existe différentes sortes d'émetteur selon le type de pompe à chaleur et le besoin de client.

- **Plancher chauffant basse température**



Plancher chauffant utilise les tubes dans une dalle de béton qui diffusent une chaleur douce et régulière pour le chauffage. La température est basse environ 21 °C à 24 °C. L'installation d'un plancher chauffant nécessite un gros travail pour la rénovation et est aussi plus coûteux.

- **Radiateurs basse température**

Les radiateurs basse température circule de l'eau entre 45 et 50°C au lieu des 70-90°C habituels pour un radiateur classique. Ils procurent une chaleur douce, agréable et consomme moins d'énergie. C'est une démarche écologique et économique.

- **Ventilo-convecteurs**

Les ventilo-convecteurs à eau sont idéals pour climatiser et aussi chauffer ils émettent de la chaleur par l'air. L'énergie thermique est apportée au ventilo-convecteur par un fluide. L'air repris est filtré puis traverse une ou deux échangeurs à eau avant d'être envoyé dans la pièce.



*Figure 7: Ventilo-convecteurs*

Le ventilo-convecteur comprend :

- une turbine pour souffler l'air,
- un filtre, pour filtrer l'air entrant,
- une ou plusieurs batteries, à travers lesquelles l'air circule pour être chauffé ou refroidi,
- un bac de récupération de l'eau condensée,

- un thermostat pour régler la température et la vitesse de ventilation.

Ce système ventilo-convecteur est indépendant du reste du chauffage central, l'installation est très simple et il permet de chauffer rapidement une pièce, en complément du chauffage classique. Avec une pompe à chaleur réversible, le ventilo-convecteur peut servir de climatisation l'été. Mais un ventilo-convecteur peut être bruyant.

## **IV. Ventilation mécanique contrôlée (VMC)**

### **1) Présentation Ventilation mécanique Contrôlée (VMC)**

En respirant, nous consommons de l'air et rejetons de la vapeur d'eau. Un adulte respire 12000 L d'air par jour et rejette 55g/h de vapeur d'eau et 18L /h de CO<sub>2</sub>. Un enfant respire 2 fois plus vite qu'un adulte. Sans ventilation suffisante, le taux d'humidité augmente, entraînant des risques de condensation, de moisissures etc. La mise en place d'un système de VMC a pour objectif de réaliser des économies d'énergie en maîtrisant le flux d'air. Il assure le renouvellement d'air de l'ensemble des logements et fournir aux appareils à combustion l'oxygène. Il aussi élimine l'humidité, les mauvaises odeurs et les polluants pour offrir hygiène et confort. Elle nous donne une bonne qualité d'air dans le logement.

### **2) Types des VMC (Annexe 2)**

Les systèmes de ventilation mécanique sont équipés d'un moteur électrique qui assure une circulation permanente de l'air des logements. Il existe deux types principaux de VMC : VMC simple flux et VMC double flux.

- **VMC simple flux**

Pour la VMC simple flux, l'air vicié est extrait des pièces humides par exemple : cuisine, salle de bains, WC et cellier. Les bouches de extraction sont situées sur les murs ou au plafond, raccordées au moyen de conduits à un extracteur motorisé souvent installé dans les combles de l'habitation. Enfin l'air vicié sont rejettent vers l'extérieur par un chapeau installé sur la toiture. L'air neuf est arrivé par des entrées d'air placé au-dessus des fenêtres, des chambres et du séjour. Cette circulation d'air est lente, silencieuse et permanente. La prise d'air frais se fait généralement à l'aide de bouches auto-réglables ou hygroréglable.

Pour le VMC simple flux autoréglable, le débit de l'extraction de l'air et le débit de entrer de l'air distribué est assuré de façon automatique en fonction des

conditions atmosphériques et climatiques extérieures (vent, pluie) et la condition intérieure (nombre d'occupants de la pièce, humidité).

Pour le choix de La ventilation VMC simple flux hygroréglable, les bouches d'extraction d'air sont équipées de capteurs d'humidité, permettant de réguler le débit d'air entrant et extraction en fonction du taux d'humidité de la pièce. Il permet de garantir l'évacuation plus rapide d'un air très humide tout en limitant les gaspillages (ventilation adaptée aux besoins).

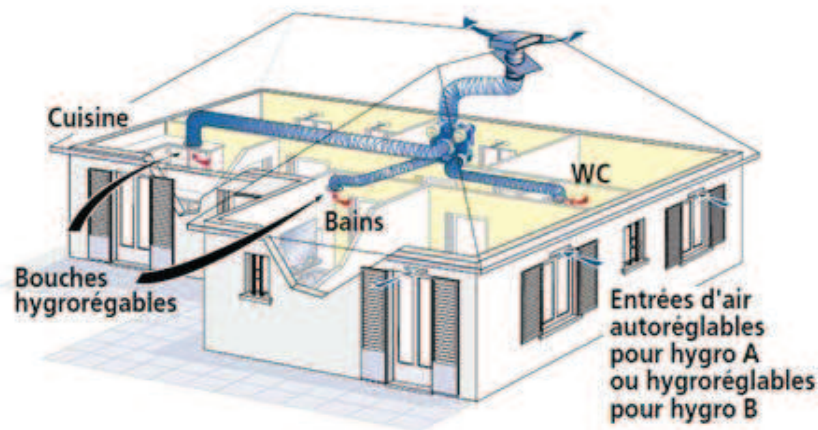


Figure 8: VMC simple flux

- **VMC double-flux**

Une VMC double-flux permet de limiter les pertes de chaleur pour la ventilation, il assure l'extraction de l'air vicié dans les pièces humides (cuisine, salle de bains, WC et cellier) il prend l'air neuf à l'extérieur et l'insuffle dans les chambres et les séjours. Avant d'être redistribué dans les pièces l'air neuf peut préchauffer naturellement l'hiver ou rafraîchir l'été grâce à un échangeur récupérant les calories de l'air extrait. Il peut récupérer 90% des calories de l'air extrait et économise des énergies jusqu'à 30 % sur la facture de chauffage (si le logement est bien isolé). En comparaison avec la VMC simple flux autoréglable ce système de ventilation double-flux permet une économie d'énergie d'environ 15%, et environ 8% par rapport à un simple flux hygroréglable.

Par exemple avec une ventilation double flux haute rendement, la température d'air neuf froid est  $-3^{\circ}\text{C}$  en hiver. Il passe par l'échangeur et récupère 92% des calories de l'air extrait. La température de l'air chauffée dans le logement est de

21°C .Après être passé par l'échangeur l'air neuf pénètre à environ 16°C dans le logement.

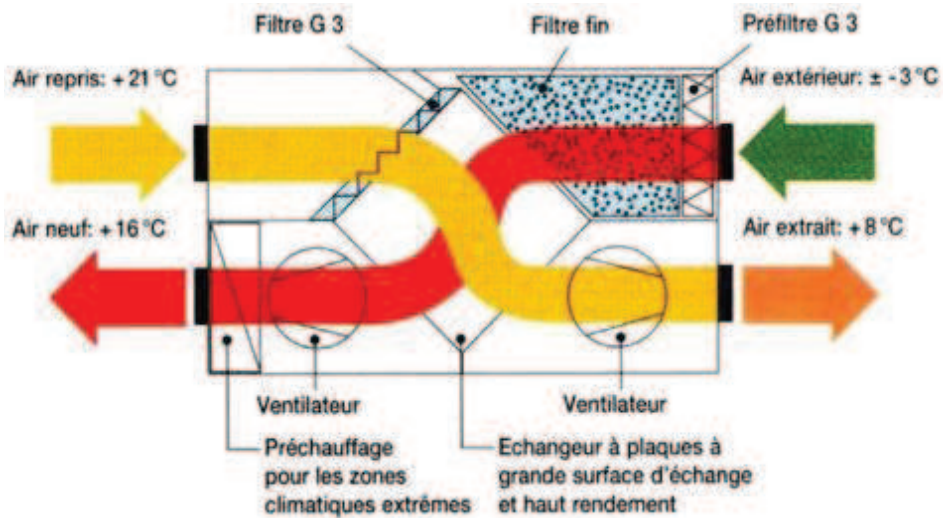


Figure 9: Schématisation d'une VMC double flux avec échangeur

$$Q_C = H_{c2} - H_{c1} = m_c (h_{cs} - h_{ce}) = m_c c_p (T_{cs} - T_{ce})$$

$$Q_f = H_{f2} - H_{f1} = m_f (h_{fs} - h_{fe}) = m_f c_p (T_{fs} - T_{fe})$$

$$Q_C = Q_f$$

H : L'enthalpie du fluide

h : L'enthalpie massique

$c_p$  : La chaleur spécifique (caractéristique de l'aptitude du fluide à absorber de la chaleur) ; la chaleur massique de l'air est de 1004 J/ (kg.K)

T : La température de l'air

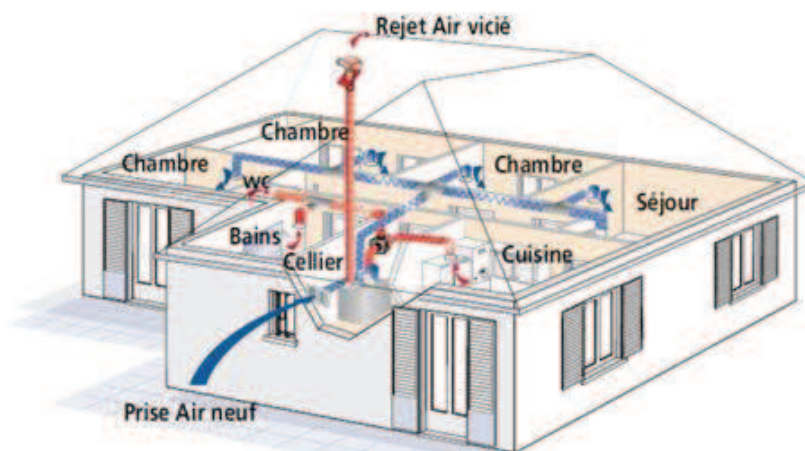


Figure 10: VMC double flux

Afin de proposer la solution la plus adéquate en termes de ventilation, nous analysons dans un premier temps le plan d'habitation en calculant la somme des chambres et la somme des WC sanitaire et cuisine. La réglementation fixe les débits minimaux pour chaque pièce en fonction du nombre de pièces de l'habitation.

|                       | Débits extraits exprimés en m3/h |               |                   |           |             |
|-----------------------|----------------------------------|---------------|-------------------|-----------|-------------|
| Nb pièces principales | Cuisine                          | Salle de bain | Autre salle d'eau | WC unique | WC multiple |
| 1                     | 75                               | 15            | 15                | 15        | 15          |
| 2                     | 90                               | 15            | 15                | 15        | 15          |
| 3                     | 105                              | 30            | 15                | 15        | 15          |
| 4                     | 120                              | 30            | 15                | 30        | 15          |
| 5 et plus             | 135                              | 30            | 15                | 30        | 15          |

Tableau 1: Débit d'air réglementaire à atteindre par pièce

| Nb pièces principales            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   |
|----------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| Débit total minimal en m3/h      | 35 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 | 135 |
| Débit minimal en cuisine en m3/h | 20 | 30 | 45 | 45 | 45  | 45  | 45  |

Tableau 2: Débits minimum dans le logement

Le bon fonctionnement d'une VMC a pour effet de réaliser un bon équilibre entre les débits d'air entrant et extrait. Avec tous les débits d'air de chaque pièce, nous sommes en mesure de déterminer les matériaux nécessaires pour une installation de VMC optimal avec le catalogue du fournisseur.

### 3) Réglementation

La ventilation est une obligation légale (arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983) pour tous les logements postérieurs à 1982, collectifs ou individuels.

En France, la réglementation repose sur deux principes :

- L'aération doit être générale et permanente

- L'air doit pouvoir circuler librement des entrées d'air situées en pièces principales vers les bouches d'extraction situées en pièces de service.

La consommation maximale par ventilateur de VMC installé ou remplacé est fixée à  $0.25 \text{Wh} / \text{m}^3$ .

#### **4) Puits canadien**

Le puits canadien peut être installé avec la ventilation double flux. Il améliore le rendement énergétique et en augmente l'efficacité.

Le puits canadien consiste à créer une entrée d'air géothermique pour les maisons individuelles. Avant d'entrée dans la maison, une partie de l'air neuf de renouvellement passe par des tuyaux enterrés dans le sol, à une profondeur de l'ordre de 1 à 2 mètres. L'air est rafraîchi l'été et préchauffé l'hiver par le moyen d'inertie de la terre.

En hiver, le sol sous terrain est plus chaud que la température extérieure. L'air froid est alors préchauffé lors de son passage dans le circuit sous-terrain.

En été, le sol sous-terrain est plus froid que la température extérieure. L'air récupère la fraîcheur du sol lors de son passage dans le circuit enterré. Il introduit ensuite la fraîcheur dans la maison. Quand la température extérieur arrive à  $+30^\circ\text{C}$ , l'air entrée peut atteindre entre  $15$  et  $20^\circ\text{C}$ .

Le puits canadien est composé d'une prise d'air neuf, de conduits spéciaux, et d'un regard de visite.

Le prise d'air neuf est équipée d'un grillage et d'un filtre.

Des conduits composé de tuyaux sont enterrés, l'air passe à l'intérieur et récupère la chaleur. L'inclinaison des conduits est obligatoirement supérieure à 2 % pour permettre l'évacuation des condensats et ainsi éviter les risques de moisissure et d'humidité résiduelle.

Un registre motorisé est installé pour sélectionner automatiquement l'arrivée d'air neuf. Il se compose deux thermostats qui sont installer en façade pour la prise de température de l'air extérieur. On peut en effet prendre directement l'air extérieur sans passer par le puits canadien si la température extérieur est inférieure à  $5^\circ\text{C}$  ou supérieur à  $25^\circ\text{C}$ . Le kit regard extérieur est installé pour inspecter l'installation.

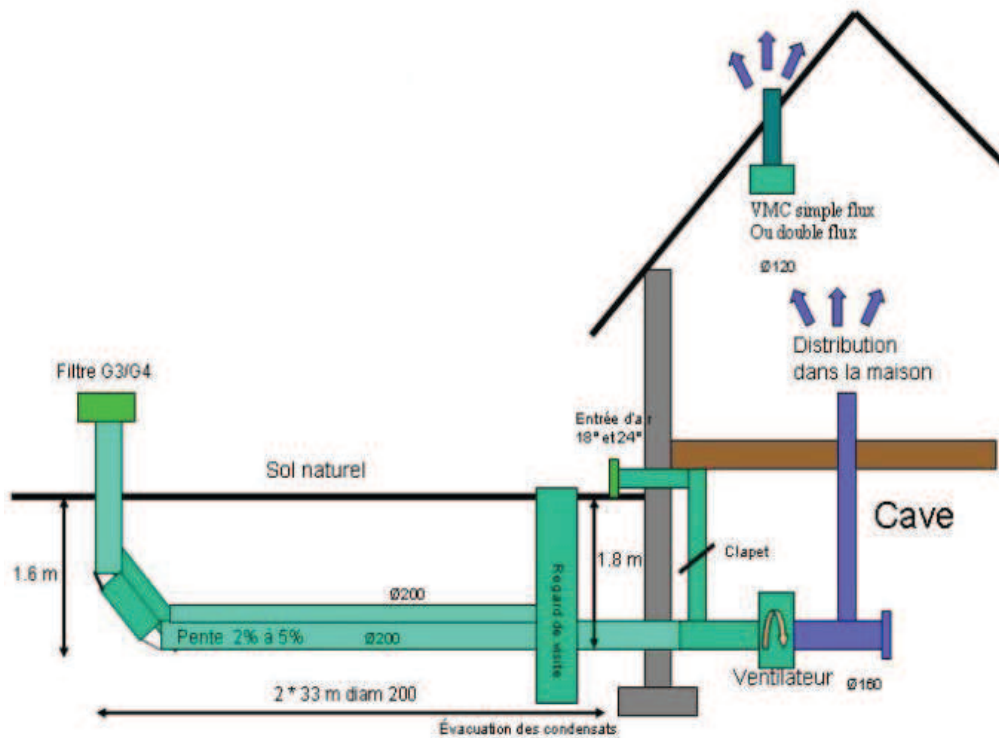


Figure 11: Schéma principale de puits canadien

L'échangeur va capter les calories de l'air vicié qui est extrait des pièces humides et les transmettre à l'air entrant du Puits canadien. C'est une partie ou la totalité du besoin de chauffage de la maison va être assuré par ces 2 systèmes couplés ensemble : puits canadien et centrale double-flux VMC.



## V. Production eau chaude

### 1) Consommation d'eau chaude sanitaire

Un adulte utilise en moyenne 50 L d'eau chaude par jour. Un enfant en moyenne 45 L.

La consommation d'énergie se chiffre selon la formule :

$$Q=m *C_p * \Delta T$$

Q=chaleur échangée en J

C<sub>p</sub>= chaleur spécifique en J·K<sup>-1</sup>kg<sup>-1</sup>

ΔT=différence de température

La production d'eau chaude est un gros consommateur d'énergie. Elle représente au minimum 15 % de la totalité de l'énergie consommée dans l'année.

Il existe de nombreuses solutions de production d'eau chaude sanitaire. Le chauffe-eau électrique est la solution la plus simple à installer pour produire l'eau chaude sanitaire, il n'apporte pas d'énergie supplémentaire. Il fonctionne à l'aide d'un chauffe-eau à accumulation électrique : une résistance immergée chauffe l'eau à bonne température.

Le recours à des énergies renouvelables permet de réduire la consommation d'énergie en réponse à la réglementation RT 2012. En comparaison avec les autres sources d'énergies pour produire de l'eau chaude sanitaire, le chauffe-eau thermo-solaire (thermodynamique solaire) et le chauffe-eau thermodynamique sont les solutions les plus économiques et qui préservent l'environnement.

### 2) Chauffe-eau thermodynamique

Le chauffe-eau thermodynamique produit l'énergie grâce à une pompe à chaleur intégrée au chauffe-eau. Il utilise les calories contenues dans l'air ambiant afin de chauffer un fluide caloporteur. L'air ambiant est aspiré par un ventilateur qui réchauffe le fluide caloporteur dans l'évaporateur. Le fluide caloporteur passe ensuite dans le compresseur où sa température augmente. Dans le condenseur, le fluide récupère ses calories à l'eau dans le ballon. Il se refroidit et il change d'état et se transforme en liquide. Après le liquide passe au détendeur. Le fluide est prêt pour un nouveau cycle dans l'évaporateur. C'est le

même principe qu'une pompe à chaleur. Avec le chauffe-eau thermodynamique, le coefficient de performance est de 3 à 4. Par rapport à une chauffe eau électrique traditionnel il économise 70% d'énergie. Installer un chauffe-eau thermodynamique permet d'utiliser l'air extérieur jusqu'à une température de -5°C.

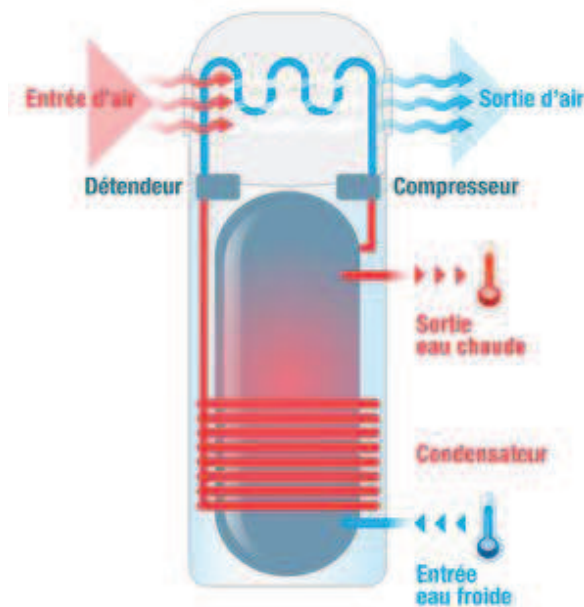


Figure 12: Chauffe-eau thermodynamique

### 3) Chauffe-eau solaire thermodynamique

Le chauffe-eau solaire thermodynamique est un équipement de production d'ECS propre, fiable et économique. Il est équipé d'un panneau solaire et d'un groupe thermodynamique. Les panneaux placés à l'extérieur sont capables de capter la chaleur du milieu ambiant provenant du soleil, de la pluie, de l'air extérieur par convection naturelle et de l'effet du vent. La surface du panneau est limitée (2m \* 0,8m\*0,02 m, 8kg).

Le fluide frigorigène (R 407C) est envoyé à travers le panneau solaire thermodynamique et s'évapore grâce à la température ambiante. Le fluide frigorigène passe par le compresseur augmentant sa pression et sa température jusqu'à 100 °C, ensuite il passe vers le ballon d'eau chaude. Avec l'échangeur la chaleur du fluide est transférée à l'eau chaude sanitaire. Le fluide ensuite se refroidit et passe dans le détendeur pour effectuer un nouveau cycle.

Si l'apport en soleil n'est pas suffisant, un relais via une autre énergie se fait. Il est un moyen de production d'eau chaude sanitaire jusqu'à 55 °C avec un haut rendement énergétique. Le coefficient de performance du chauffe-eau thermo-

solaire est au maximum 7. Il implique une économie d'énergie pouvant aller jusqu'à 90% avec la plus faible émission de CO2. Actuellement Le système thermodynamique peut fonctionner en continu 24h/24h même les jours de pluie ou pendant la nuit.

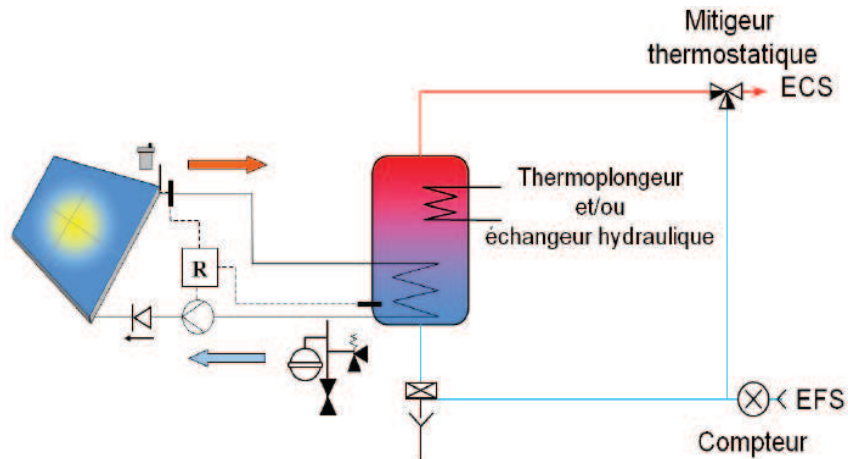


Figure 13: Installation de chauffe-eau thermodynamique solaire

### Avantage des panneaux thermodynamique

- Faciles à installer
- Très légers
- Pas d'oxydation
- Non toxiques
- Température d'évaporation élevée
- Stabilité chimique du fluide
- Pas de congélation
- Ne se bouchent pas avec le calcaire, car seul le fluide circule
- Retour d'investissement très rapide

## VI. Isolation thermique

### 1) Pertes de chaleur d'une maison

Avec les différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment, la chaleur transfère de la côté plus chaud vers la côté plus froid. Un bâtiment perd la chaleur de deux façons : Première façon, il perd la chaleur par transmission à travers toutes ses parois (vitrages, murs, toiture, planchers bas) ; deuxième, façon il perd la chaleur par renouvellement d'air.

Pour diminuer les déperditions d'énergie, la solution la plus efficace est d'isoler la maison. De plus c'est cette solution qui génère le plus d'économies dans le temps. Elle réduit la consommation énergétique de façon significative et ainsi permet de réduire la facture de chauffage. En été, l'isolation fait barrière à la chaleur et au rayonnement solaire extérieur.

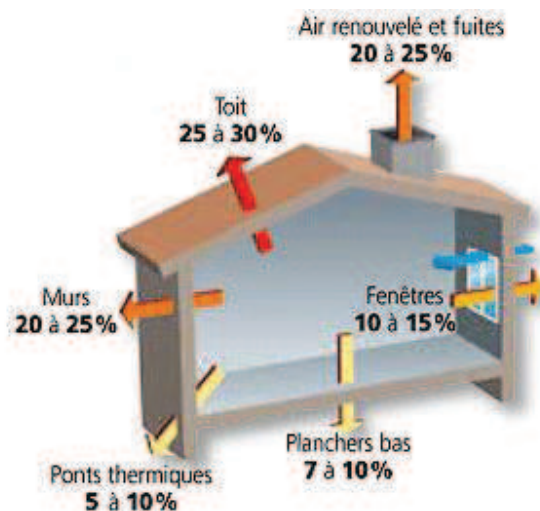


Figure 14 : Pertes de chaleur d'une maison individuelle non isolée

Nous pouvons voir sur le graphique ci-dessus que la déperdition calorifique la plus importante pour une maison individuelle non isolée se fait par le toit. Dans une maison non isolée, 30% de la chaleur s'échappe par le toit. L'isolation des combles est la 1ère étape la plus rentable pour isoler sa maison et faire des économies d'énergie.

Isoler les combles, c'est donc traiter le principal poste de déperdition d'énergie de la maison et réaliser, de fait, jusqu'à 30% d'économies sur la facture de chauffage.

En effet, l'air chaud, plus léger, s'élève naturellement et vient en grande partie se loger sous les toits. Les combles sont des locaux situés sous des toitures inclinées. Ils ne sont pas chauffés et doivent être séparés du logement chauffé par une barrière isolante. L'isolation des combles est d'autant plus nécessaire que les déperditions de chaleur sont importantes.

Les ponts thermiques se situent généralement aux points de jonction des différentes parties de la construction : nez de planchers, linteaux à la périphérie des ouvertures, nez de refends ou de cloisons en cas d'isolation par l'intérieur, etc. La déperdition d'énergie sur les ponts thermiques atteint jusqu'à 10%.

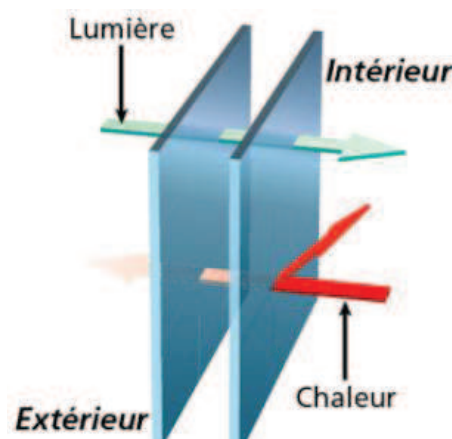


Figure 15: l'isolation des fenêtres

Les fenêtres sont aussi un des lieux importants de déperdition de chaleur. En effet, elles sont à l'origine de 10 à 15% de la déperdition totale de chauffage. L'installation de fenêtres à double ou triple vitrage est donc un bon moyen d'économiser l'énergie. Les double ou triple vitrages sont munis d'une ou deux fines lames d'air ou de gaz rare entre les deux faces du vitrage. Lors du changement d'une fenêtre, le coefficient de transmission thermique doit être inférieur à 2.3 en respectant la nouvelle réglementation.

Pour l'isolation mur il existe deux possibilités: L'isolation des murs par l'extérieur et l'isolation des murs par l'intérieur. Le choix de type d'isolation mur dépend la condition de la maison.

Nous choisirons l'isolation des murs par l'extérieur lors de la construction du bâtiment. Elle est la meilleure façon de traiter tous les ponts thermiques d'une maison et permet de gagner de la place d'une maison.

Nous choisirons l'isolation des murs par l'intérieure dans le cas d'une rénovation simple ou le budget est plus serré : l'isolation intérieure est moins

chère car les travaux sont moins importants et ne demandent pas d'outils spécifiques.

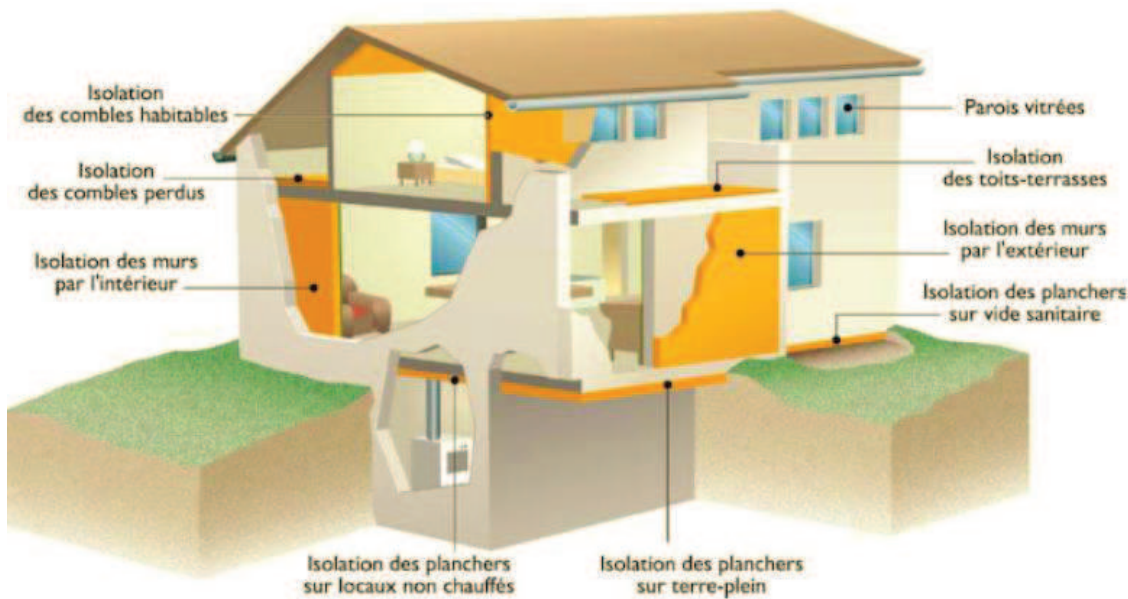


Figure 16: L'isolation sur la maison

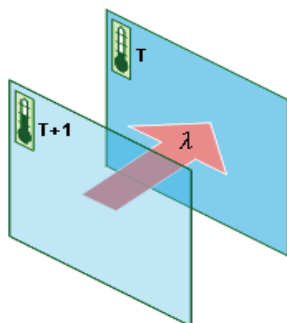
## 2) Les caractéristiques d'un isolant :

Le pouvoir isolant d'un matériau est caractérisé par deux chiffres : le coefficient de conductivité thermique, et la résistance thermique. Un bon isolant thermique ne conduit pas de chaleur.

## 3) Coefficient de conductivité thermique

Le coefficient de conductivité thermique ( $\lambda$ ) qui exprime la quantité de chaleur traversant en 1 seconde 1 mètre de matériaux homogène pour un écart de température de  $1^{\circ}\text{C}$  entre ses deux faces. Il exprime la capacité d'un matériau à transmettre de la chaleur.

Le coefficient de conductivité thermique dépend en la nature de matériaux, mais aussi la température et l'humidité.



Le coefficient de conductivité thermique s'exprime en  $\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ . Plus sa valeur est petite, plus le pouvoir isolant est grand.

Figure 17: caractéristique du coefficient de conductivité thermique

|                    | sec   | hum. |                                     |
|--------------------|-------|------|-------------------------------------|
| Matériaux isolants | 0,028 |      | polyuréthane                        |
|                    | 0,040 |      | laine minérale, liège               |
|                    | 0,058 |      | vermiculite                         |
|                    | 0,065 |      | perlite                             |
| Bois et dérivés    | 0,17  | 0,19 | feuillus durs                       |
|                    | 0,12  | 0,13 | résineux                            |
| Maçonneries        | 0,27  | 0,41 | briques 700-1000 kg/m <sup>3</sup>  |
|                    | 0,54  | 0,75 | briques 1000-1600 kg/m <sup>3</sup> |
|                    | 0,90  | 1,1  | briques 1600-2100 kg/m <sup>3</sup> |
| Verre              | 1,0   | 1,0  |                                     |
| Béton armé         | 1,7   | 2,2  |                                     |
| Pierres naturelles | 1,40  | 1,69 | tuft, pierre tendre                 |
|                    | 2,91  | 3,49 | granit, marbres                     |
| Métaux             |       | 45   | acier                               |
|                    |       | 203  | aluminium                           |
|                    |       | 384  | cuivre                              |

Le pouvoir isolant est plus grand quand le matériau est sec que le matériau est humide.

Figure 18: Conductivité thermique des matériaux  $\lambda$  en  $W/m \cdot K$

#### 4) Le coefficient de transmission thermique et la résistance thermique

Le coefficient de transmission thermique d'une paroi est la quantité de chaleur traversant cette paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi. Le mur est constitué généralement de plusieurs couches de matériaux de conductivités thermiques et d'épaisseurs différentes, l'équation de calcul coefficients de transmission thermique devient :

$$\frac{1}{U} = \sum \frac{e}{\lambda} + \left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right) \quad \text{ou} \quad \frac{1}{U} = \sum R + \left( \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)$$

U = Coefficient de transmission thermique ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

e = Epaisseur du ou de chaque matériau (m)

$\lambda$  = Conductivités thermiques utiles du ou de chaque matériau de construction ( $W/m \cdot ^\circ C$ )

$1/h_i$ ,  $1/h_e$  = résistances thermiques d'échanges superficiels intérieurs et extérieurs ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

R = Résistance thermique du ou de chaque matériau ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

La résistance thermique est l'inverse du coefficient de transmission thermique (U) total de la paroi. Elle s'exprime en ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

$$R_T = 1 / U$$

## 5) Calcul des déperditions de la maison (Annexe 3)

Pour estimer les besoins futurs des installations de chauffage, il est nécessaire de quantifier les déperditions calorifiques des locaux chauffés soumis à un environnement extérieur à température négative en hivers. Il y a plusieurs méthodes pour déterminer la déperdition:

Une première méthode consiste à calculer les déperditions de base d'un local par deux parties.

- Les déperditions de base par transmission de chaleur à travers les parois **DBP**
- Les déperditions de base par renouvellement d'air **DBR**

Les déperditions égalent la somme des déperditions de base par transmission de chaleur à travers les parois et les déperditions de base par renouvellement d'air.

Les déperditions de base par transmission est exprimée par la formule en dessous :

$$DBP = (\sum(U \cdot A) + \sum(Y \cdot L)) \cdot (t_i - t_e)$$

$t_i$  = est la température intérieure de base exprimée en °C

$t_e$  = est une température extérieure exprimée en °C

$U$  = Coefficient de transmission surfacique en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$A$  = Surface intérieure de chaque élément de paroi ;  $A$  est exprimé en  $m^2$ .

$Y$  = Coefficient de transmission linéique en  $W/m \cdot ^\circ C$  des liaisons d'éléments de parois donnant sur l'extérieur.

$L$  = longueur intérieure de chaque liaison en m.

Déperditions par renouvellement d'air est exprimée par la formule suivant :

$$DBR = 0,34 (\beta \cdot Q_v + a \cdot Q_s) \cdot (t_i - t_e)$$

- $t_e$  = température extérieure de base définie.
- $t_i$  = température intérieure.
- 0,34 = chaleur volumique de l'air, exprimée en  $Wh/m^3 \cdot ^\circ C$
- $Q_v$  = Débit spécifique de ventilation, exprimé en  $m^3/h$  ; c'est le débit d'air dû au fonctionnement des dispositifs de ventilation : amenées et extractions mécaniques, conduits à tirage naturel
- $Q_s$  = Débit supplémentaire de ventilation dû à l'effet du vent, exprimé en  $m^3/h$



□  $\alpha$  et  $\beta$  = sont des coefficients de majoration dont voici les valeurs :

|                                       | $\alpha$ | $\beta$ |
|---------------------------------------|----------|---------|
| Installation de ventilation mécanique | 1,8      | 1       |
| Installation de ventilation naturelle | 1,8      | 2,2     |

Une seconde méthode pour calculer les déperditions utilise l'état d'origine de la construction (pour les constructions postérieures à 1975) pour connaître la réglementation thermique applicable à la période de construction de la maison.

G est le Coefficient d'isolation du bâtiment en  $W / m^3 \cdot ^\circ C$

Estimation du coefficient G en fonction de réglementation thermique:

Ancienne maison sans isolation  $G=2$

Ancienne maison avec isolation  $G=1.5$

Maison construite après 1990  $G=1.1$

Maison construite après 2005  $G=0.8$

Très bonne isolation  $G=0.6$

Bioclimatique  $G=0.4$

Les déperditions d'une maison individuelle peuvent être calculées avec la formule :

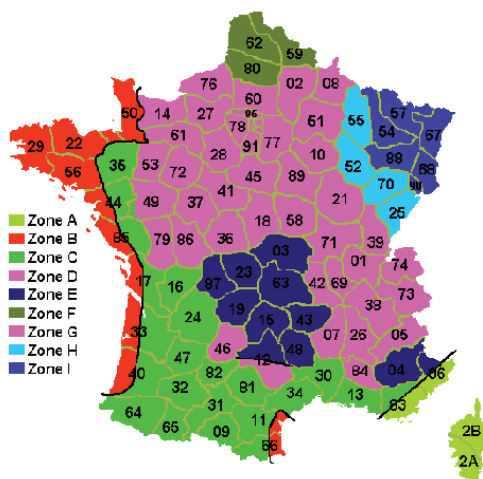
$$DB=G*V*\Delta T$$

DB=Déperditions en W

V=Volume habitable en  $m^3$

$\Delta T$ =Différence entre la température intérieure de confort toute l'année et la température extérieure de base de la localisation géographique de l'habitation (voir tableau en dessous)

Pour définir la température de base, utiliser la carte ci-dessous pour trouver la zone correspondante et se reporter sur le tableau ci-après pour trouver la température de base en fonction de la tranche d'altitude du lieu considéré.



| Tranche altitude | Zone (en fonction de la carte ci-dessous) |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                  | A   | B   | C   | D   | E   | F   | G   | H   | I   |
| 0 à 200m         | -2  | -4  | -5  | -7  | -8  | -9  | -10 | -12 | -15 |
| 201 à 400m       | -4  | -5  | -6  | -8  | -9  | -10 | -11 | -13 | -15 |
| 401 à 600m       | -6  | -6  | -7  | -9  | -11 | -11 | -13 | -15 | -19 |
| 601 à 800m       | -8  | -7  | -8  | -11 | -13 | -12 | -14 | -17 | -21 |
| 801 à 1000m      | -10                                       | -8  | -9  | -13 | -15 | -13 | -17 | -19 | -23 |
| 1001 à 1200m     | -12                                       | -9  | -10 | -14 | -17 |     | -19 | -21 | -24 |
| 1201 à 1400m     | -14                                       | -10 | -11 | -15 | -19 |     | -21 | -23 | -25 |
| 1401 à 1600m     | -16                                       |     | -12 |     | -21 |     | -23 | -24 |     |
| 1601 à 1800m     | -18                                       |     | -13 |     | -23 |     | -24 |     |     |
| 1801 à 2000m     | -20                                       |     | -14 |     | -25 |     | -25 |     |     |
| 2001 à 2200m     |   |     | -15 |     | -27 |     | -29 |     |     |

Tableau 3: Température de base en fonction de la zone climatique et de l'altitude

Puissance énergie nécessaire pour chauffage égale la déperdition plus l'énergie surchauffée.

$$P = DB * \text{coefficient surpuissance}$$

## 6) Calcul consommation chauffage annuel

$$B_{CH} = DJU * V * G * 0.018$$

$B_{CH}$  : Besoin de consommation chauffage annuel en kWh.

$DJU$  : Degré jour unifié permettent de réaliser des estimations de consommations d'énergie thermique en proportion de la rigueur de l'hiver. Les degrés jours sont calculé a partir de relevé de températures extérieures établies par Météo France. Pour chaque jour on déterminé le DJ en faisant la différence entre la température de référence, 18 °C, et la moyenne de la température minimale et la température maximale de ce jour. Habituellement, les DJU sont pris sur la période de chauffe de 232 jours allant du 1<sup>er</sup> octobre au 20 mai et calculé sur une moyenne statistique de 10 ans selon la localisation géographique. Quand la température moyenne du jour est supérieure ou égale à 18°C, on ne compte pas l'écart.

$$DJU = 18 - (T_{min} + T_{max}) / 2$$

## VII. Aides financières pour les économies d'énergie

### 1) Crédit impôt (Annexe)

Le crédit d'impôt est un dispositif fiscal permettant aux ménages de déduire de leur impôt une partie des dépenses réalisées pour certains travaux d'amélioration énergétique portant sur une résidence principale.

Le montant des dépenses ouvrant droit au crédit d'impôt ne peut excéder, sur une période de cinq années consécutives:

- 8 000 € pour une personne célibataire, divorcée ou veuve
- 16 000 € pour un couple marié ou pacsé soumis à une imposition commune

Majorés de 400 € par personne à charge (200 € pour un enfant en garde alternée).

### 2) Eco-prêt

L'éco-prêt à taux zéro permet d'emprunter jusqu'à 30 000 euros sur 15 ans sans payer d'intérêts pour financer des rénovations énergétiques importantes dans votre logement.

On peut réaliser :

- un bouquet de travaux d'économie d'énergie combinant 2 actions : prêt de 20 000 € maximum ;
- un bouquet de travaux d'économie d'énergie combinant 3 actions : prêt de 30 000 € maximum ;
- un ensemble de travaux recommandé par un bureau d'étude thermique et permettant d'atteindre une performance énergétique globale : prêt de 30 000 € maximum ;
- des travaux d'assainissement non collectif : prêt de 1 000 € maximum.

Eco-prêt et Crédit d'impôt sont cumulables sous condition : revenu fiscal de référence 2010 < 30 000 €.

### 3) Taux du crédit d'impôt et Caractéristiques pour les équipements

| Investissements bénéficiant du crédit d'impôt 2012   | Cas où l'on réalise 1 action d'amélioration   | Cas où l'on réalise ensemble au moins 2 actions éligibles                             |
|--|---|---|
| Chaudières à condensation, individuelles ou collectives, utilisées pour le chauffage ou la production d'eau chaude                                 | 10%   | 18%   |
| Matériaux d'isolation thermique et coût de la main d'œuvre pour les parois opaques   | 15%   | 23%   |
| Matériaux d'isolation thermique pour les parois vitrées  | -   | 18%   |
| Appareils de régulation et de programmation des équipements de chauffage   | 15%   | -   |
| Équipements de production d'énergie utilisant éolienne ou hydraulique  | 32%   | 40%   |
| Équipements de production d'énergie utilisant l'énergie solaire thermique  | 32%   | 40%   |
| Panneaux photovoltaïques   | 11%   | -   |
| Appareils de chauffage au bois ou biomasse   | 15 %<br>26 % pour le remplacement d'un système de chauffage bois ou biomasse existant | 23 %<br>34 % pour le remplacement d'un système de chauffage bois ou biomasse existant |
| Pompes à chaleur air / eau pour production de chaleur  | 15%   | 23%   |
| Pompes à chaleur à capteur enterrés pour production de chaleur (pose de l'échangeur de chaleur souterrain inclus)                                  | 26%   | 34%   |
| Pompes à chaleur thermodynamiques pour production d'eau chaude sanitaire (hors air /air)   | 26%   | 34%   |
| Équipements de raccordement à un réseau de chaleur alimenté majoritairement par des énergies renouvelables ou par une installation de cogénération | 15%   | -   |
| Frais engagés pour la réalisation d'un diagnostic de performance énergétique, en dehors des cas où la réglementation le rend obligatoire)          | 32%   | -   |

*Tableau 4: taux de crédit d'impôt*

D'après le tableau, nous pouvons connaître le taux de crédit d'impôt pour les différentes actions à améliorer.

| Matériels et équipements   | Caractéristiques et performances 2012  |
|--|--|
| Equipements de chauffage et de fourniture d'eau chaude fonctionnant à l'énergie solaire : <b>chauffe-eau solaire individuel et système solaire combiné</b>                         | Capteurs solaires thermiques (équipant les systèmes) couverts par une certification <u>CSTBat</u> ou <u>Solar Keymark</u> ou équivalente   |
| <b>Chauffage ou production d'eau chaude au bois ou autres biomasses</b> : poêles, foyers fermés et inserts de cheminées intérieures, cuisinières utilisées comme mode de chauffage | Concentration moyenne de monoxyde de carbone $\leq 0,3\%$<br>rendement $\geq 70\%$   |
| Chaudières < 300 kW  | Chaudières à chargement manuel : rendement $\geq 80\%$<br>Chaudières à chargement automatique : rendement $\geq 85\%$  |
| Fourniture d'électricité à partir d'énergie solaire, éolienne, hydraulique, biomasse   | ...  |
| <b>Pompes à chaleur géothermique à capteur fluide frigorigène</b> (sol / sol ou sol / eau)   | <b>COP <math>\geq 3,4</math></b> pour une température d'évaporation de $-5^{\circ}\text{C}$ et une température de condensation de $35^{\circ}\text{C}$   |
| <b>Pompes à chaleur thermodynamiques pour production d'eau chaude sanitaire (hors air / air)</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Captant l'énergie de l'air ambiant : <b>COP &gt; 2,5</b></li> <li>● Captant l'énergie de l'air extérieur : <b>COP &gt; 2,5</b></li> <li>● Captant l'énergie de l'air extrait : <b>COP &gt; 2,9</b></li> <li>● Captant l'énergie géothermique : <b>COP &gt; 2,5</b> selon le référentiel de la norme d'essai EN 255-3</li> </ul>   |
| <b>Equipement de raccordement à un réseau de chaleur</b> alimenté majoritairement par des énergies renouvelables ou par une installation de cogénération                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Branchement privatif composé de tuyaux et de vannes qui permet de raccorder le réseau de chaleur au poste de livraison de l'immeuble</li> <li>● Poste de livraison ou sous-station qui constitue l'échangeur de chaleur</li> <li>● Matériels nécessaires à l'équilibrage et à la mesure de la chaleur qui visent à opérer une répartition correcte de celle-ci</li> </ul> |
| <b>Pompes à chaleur géothermique de type eau glycolée / eau</b>  | <b>COP <math>\geq 3,4</math></b> pour des températures d'entrée et de sortie d'eau glycolée de $0^{\circ}\text{C}$ et $-3^{\circ}\text{C}$ à l'évaporateur, et des températures d'entrée et de sortie d'eau de $30^{\circ}\text{C}$ et $35^{\circ}\text{C}$ au condenseur  |
| <b>Pompes à chaleur géothermique de type eau / eau</b>   | <b>COP <math>\geq 3,4</math></b> pour des températures d'entrée et de sortie d'eau de $10^{\circ}\text{C}$ et $7^{\circ}\text{C}$ à l'évaporateur, et de $30^{\circ}\text{C}$ et $35^{\circ}\text{C}$ au condenseur  |
| <b>Pompes à chaleur air / eau</b>  | <b>COP <math>\geq 3,4</math></b> pour une température d'entrée d'air de $7^{\circ}\text{C}$ à l'évaporateur et des températures d'entrée et de sortie d'eau de $30^{\circ}\text{C}$ et $35^{\circ}\text{C}$ au condenseur  |

Tableau 5: caractéristique pour les équipements éligibles au crédit d'impôt

## VIII. Présentation un projet de rénovation

### 1) Présentation générale du projet

Pour développer mes connaissances mon tuteur m'a donc confié l'étude de ce projet, comprenant l'ensemble des paramètres, et documents nécessaire et fais faire un devis pour le client.

L'entreprise propose un projet de rénovation en six étapes :

1. Etude technique des caractéristiques clientèles
- 2 .L'élaboration de l'étude énergétique de l'habitation grâce à un logiciel spécialisé
- 3 .Les préconisation pour le choix d'une solution adapté
4. Le chiffrage de futur profil de consommation d'énergie et déperdition
5. Le devis et le calcul de rentabilité d'installation et investissement du projet
- 6.La projection financière, durée d'amortissement et le financement

Pour effectuer un calcul de bilan thermique, il faut prendre en compte tout un ensemble de paramètres : la surface de l'habitation, l'isolation de la maison, les menuiseries et les vitrages, les systèmes de ventilation et de chauffage, les pertes de chaleur, l'exposition du bâtiment, la zone géographique du logement et l'altitude, les températures de confort désirées, et la production d'eau chaude sanitaire.

L'étude technique de la maison débute en remplissant la <<fiche découverte>>, elle est composée d'une enquête préliminaire composée de plusieurs questions sur la situation familiale, les derniers travaux, le type de chauffage et les dépenses énergétiques. Nous prenons le choix d'une solution énergétique adapté la condition actuelle de la maison.

On réalise ensuite l'étape suivant : les mesures de la surface de chaque pièce de l'habitation avec un télémètre. Les chiffres des surfaces sont réalisés pour calculer la déperdition et consommation d'énergie à l'aide un logiciel comprenant toutes les formules de calcul appropriées. Après Génération O<sub>2</sub> saura optimiser l'investissement en informant sur la fiscalité et les aides financières auxquelles le client peut prétendre. Ensuite l'entreprise proposera au client directement des solutions de financement compétitives quelque soit le projet de rénovation de l'habitat en économie d'énergie.

## **2) Présentation administrative du projet (Annexe 4)**

Génération O2 a été retenue pour réaliser les lots : Chauffage; ventilation ; isolation et chauffe eau sanitaire pour une maison individuelle.

Monsieur LASSAUGE a demandé le devis pour rénover son habitation. La maison est située à 300 m d'altitude à Pont-Saint-Vincent en Meurthe-et-Moselle.

La maison est composée de 2 étages habitables, un grenier et un sous-sol semi-enterré. La surface traitée total de la maison est de 118 m<sup>2</sup>. La hauteur sous-plafond est de 2.6 m. Le volume total de cette maison est de 307m<sup>3</sup>. Le rez-de chaussée et de 63.85 m<sup>2</sup> il est composé d'un salon, d'une cuisine, d'une chambre et d'une salle de bain. Le premier étage est de 54.4 m<sup>2</sup> il est composé de quatre chambres. Quatre personnes y vivent : Monsieur LASSAUGE; sa femme; son père et son fils.

La maison est mal isolée. Il n'y a pas d'isolation au mur. Il a installé du double vitrage il y a quelques années. Il n'a pas installé de système de ventilation non plus et la maison a un problème d'humidité. Le type d'alimentation électrique est monophasé et le type d'abonnement électrique actuel est option base .Le puissance souscrite de l'abonnement électrique actuel est 6KWA/30A/6.6KW.

Le chauffage principal de cette maison est une chaudière fioul de plus de 15 ans qui fournir l'eau chaude sanitaire aussi. La puissance de la chaudière est de 34 KW. La consommation de la chaudière est de 4100 L de fuel par ans. Les émetteurs de chauffage sont des radiateurs en acier haute température avec vanne classique comme la régulation principale des émetteurs. Il utilise aussi un chauffage d'appoint, un poêle à bois de 5 KW de puissance. La température de confort est de 23°C pour le rez-de chaussée et 19°C pour le 1<sup>er</sup> étage.

Parce que la facture d'énergie est trop élevée, le client souhaite trouver une solution énergétique moins chère, plus rentable et plus confort.

### 3) Calculs des déperditions et la consommation d'énergie avec le logiciel (Annexe 5)

| Présentation du projet: |       | Rez-de chaussée              |                      | T°confort            | 23     | 1er étage                    |                     | T°confort            | 19     |
|-------------------------|-------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------|------------------------------|---------------------|----------------------|--------|
| Temp int. moy.          | 21,2  | Surface                      | 63,85 m <sup>2</sup> | Déperditions niv.1   |        | Surface                      | 54,4 m <sup>2</sup> | Déperditions niv.2   |        |
| Temp extérieure         | -15°C | HSP                          | 2,6 m                | 7,6 kw               |        | HSP                          | 2,6 m               | 5,8 kw               |        |
| DJU                     | 3106  | Volume                       | 166 m <sup>3</sup>   | Conso annuelle niv.1 |        | Volume                       | 141 m <sup>3</sup>  | Conso annuelle niv.2 |        |
| Station météo           | 54    | G=                           | 1,2                  | 14599 kwh            |        | G=                           | 1,2                 | 9480 kwh             |        |
| Altitude                | 300   | surpuissance                 | 1                    |                      |        | surpuissance                 | 1                   |                      |        |
| Energie Actuelle        | Fuel  | Puissance installée Niveau 1 |                      |                      | 7,6 kw | Puissance installée Niveau 2 |                     |                      | 5,8 kw |

Tableur 6: Etude technique de l'habitation de Monsieur LASSAUGE

- Calcul des déperditions

Le calcul des déperditions de la maison a été effectué à l'aide d'un logiciel spécialisé. En lui donnant toutes les informations nécessaires, le logiciel est capable de définir les déperditions de chaque étage.

Pont-Saint-Vincent en Meurthe-et-Moselle correspondant à la station météo 54. L'altitude de la maison est de 300 m. Avec le Tableau3 (Température de base en fonction de la zone climatique et de l'altitude), nous pouvons saisir la température extérieur de base de la localisation géographique de l'habitation. La maison est dans la zone I en lorraine. La température de base est égale à -15°C. La maison est mal isolée, le Coefficient d'isolation du bâtiment égale à 1.2.

$$DB=G*V*\Delta T$$

Déperdition pour le Rez-de chaussée:  $DB_1=1.2*63.85*2.6*(23-(-15))=7.6KW$

Déperdition pour 1<sup>er</sup> étage:  $DB_2=1.2*54.5*2.6*(19-(-15))=5.8KW$

La totalité des déperditions à une température de base de -15°C est de 13.4KW. Ca veut dire quand la température de base égale à -15°C, la maison a besoin de 13.4 KW de puissance de chauffage pour maintenir les températures de confort de 23°C au rez-de-chaussée et de 19°C en 1<sup>er</sup> étage.



- Calcul de la consommation annuelle

Le calcul des besoins annuels de chauffage est calculé avec la formule suivante :

$$B_{CH} = DJU * V * G * 0.018 * (1,07)^{(T_{in} - 19)}$$

Pour l'habitation de Monsieur LASSAUGE, On prend le DJU de la région Meurthe-et Moselle de 3106. Le DJU est déterminé par le calcul de la différence entre la température de référence, 18 °C et la moyenne température du jour. La température 18 °C correspond à la température de confort intérieur 19°C en tenant compte de -1°C de apport gratuit (par rayonnement, machine, aspiration hommes ...). La consommation d'énergie augment 7% pour la température de confort augment chaque un degré par rapport à 19°C.

Déperdition pour le Rez-de chaussée:

$$B_{CH1} = 3106 * 63.85 * 2.6 * 1.2 * 0.018 * (1.07)^{(23-19)} = 14599 \text{ KWh}$$

Déperdition pour 1<sup>er</sup> étage:

$$B_{CH2} = 3106 * 54.5 * 2.6 * 1.2 * 0.018 * (1.07)^{(19-19)} = 9480 \text{ KWh}$$

La totalité des besoins annuels de chauffage est de 24079KWh. Il a besoin de consommer 9480 KWh d'énergie chauffage pour maintenir les températures de confort de 23°C au rez-de-chaussée et de 19°C en 1<sup>er</sup> étage pendant une année.

| Comparatif des coûts de chauffage suivant les énergies |                |           |         | Coût/an en € | Coût moyen /m <sup>2</sup> par an en € | Quantité annuelle consommée | Emission CO2 en tonne/an | Legende      |
|--|----------------|-----------|---------|--------------|--|-----------------------------|--------------------------|--------------|
|  | prix unitaire  | Rendement |         |              |  |                             |                          |              |
| Fuel   | 1,876 €/litre  | 0,9       | 9,96    | 2940         | 24,9 €/m <sup>2</sup>                  | 2747 litres                 | 8,3                      | Très cher!!! |
| Gaz naturel  | 0,065 €/kwh    | 0,8       | 1,00    | 1956         | 16,6 €/m <sup>2</sup>                  | 30099 kwh                   | 8,5                      | Cher         |
| Propane  | 1,660 €/kg     | 0,8       | 13,60   | 3674         | 31,1 €/m <sup>2</sup>                  | 2213 kg                     | 8,6                      | Correct      |
| Geothermie   | 0,115 €/kwh    | 5,8       | 1,00    | 475          | 4,0 €/m <sup>2</sup>                   | 4152 kwh                    | 0,4                      | Eco          |
| Air eau  | 0,115 €/kwh    | 3,5       | 1,00    | 788          | 6,7 €/m <sup>2</sup>                   | 6880 kwh                    | 0,6                      | Eco          |
| Air air  | 0,115 €/kwh    | 4         | 1,00    | 689          | 5,8 €/m <sup>2</sup>                   | 6020 kwh                    | 0,5                      | Eco          |
| Electricité  | 0,119 €/kwh    | 1         | 1,00    | 2861         | 24,2 €/m <sup>2</sup>                  | 24079 kwh                   | 2,2                      | Très cher!!! |
| Bois   | 50,00 €/stere  | 0,7       | 1700,00 | 1012         | 8,6 €/m <sup>2</sup>                   | 20 steres                   | 0,1                      | Correct      |
| Granulé  | 284,00 €/tonne | 0,9       | 4800,00 | 1676         | 14,2 €/m <sup>2</sup>                  | 5,9 tonnes                  | 1,0                      | Cher         |

Tableau 7: Tableau de comparatif des coûts de chauffage suivant différentes énergies

Après avoir remplis le tableau au dessus nous pouvons comparer des coûts de chauffage annuel en fonction des besoins annuels et l'émission de CO2 avec différents sources des énergies. La couleur verte exprime les énergies les plus économiques et la couleur rouge les énergies les plus chères.

Le prix de l'électricité dépend du type d'alimentation électrique, le type d'abonnement et puissance souscrite de l'abonnement électrique. Le projet en cours nécessite un nouvel abonnement électrique. Nouveau type d'abonnement électrique est option heures pleines / heures creuses et la puissance souscrite du nouvelle abonnement électrique est 9KVA/45A/9,9KW. Après le contrat électrique EDF, on saisi le nouveau prix d'électricité est de 0.115 euro par kWh.

Nous pouvons voir que les solutions les plus économique est de chauffer par géothermie, par pompe à chaleur air /air et par pompe à chaleur air /eau. Chauffage avec géothermie émission moins de gaz effet de terre aussi (0.4 tonnes par ans). Chauffage avec fuel réalise un prix 3.7 fois plus élève que chauffage par une pompe à chaleur air /eau de 3.5 cop.

#### **4) La solution d'économie d'énergie pour chauffage (Annexe 6)**

Selon les besoins et les contraintes spécifiques à l'habitation, l'entreprise conseille une pompe à chaleur air/eau Panasonic de 12 kW au client.

La pompe à chaleur était prévue pour produire de l'eau à haute température. Elle est capable de fonctionner avec des émetteurs de chaleur haute-température : radiateurs à eau classiques, haute-température. L'installation est composée d'une Unité intérieur, et d'une Unité extérieur et d'un ballon.

La pompe à chaleur T-CAP 12 kW est le nouveau produit Aquarea de Panasonic; Il est capable de garder la même capacité nominale même à -15°C sans l'aide d'un chauffage électrique d'appoint. Il fournit des rendements extrêmement élevés. Le pompe à chaleur air /eau T-CAP monophasé a une puissance chaud de 12 kW, et un COP de 4.67 lorsque la température extérieur est de +7°C. La COP baisse à 2.54 quand la température extérieure arrive à -15°C.

|        |                    | Type PAC      | T-CAP 12 KW |
|--------|--------------------|---------------|-------------|
| T° ext | Déperdition maison | Puissance PAC |             |
| 19°C   | 0,8KW              | 12KW          |             |
| 7°C    | 5,2KW              | 12KW          |             |
| 0°C    | 7,8KW              | 12KW          |             |
| -7°C   | 10,4KW             | 12KW          |             |
| -15°C  | 13,3KW             | 10,5KW        |             |
| -20°C  | 15,2KW             | 9KW           |             |

Tableau 8: Puissance fournie par PAC T-CAP 12 KW en fonction de la température extérieure et des déperditions de chaleur d'une maison

D'après le tableau 8, il nous est facile de trouver que la déperdition de la maison augmente avec la diminution de la température extérieure. Par contre la puissance de pompe à chaleur baisse lorsque la température est plus froide que -15°C. En dessous de -15°C le pompe à chaleur ne peut pas fournir assez de puissance pour chauffer la maison, dans ce cas là, on a besoin de rajouter une énergie d'appoint qui fonctionnera uniquement lorsque la PAC n'est plus efficace. La figure suivante présente la courbe de puissance de pompe à chaleur T-CAP 12 kW et la courbe déperdition de la maison en fonction de la température extérieure. Le point de rencontre des deux courbes permet d'identifier le point de relève.

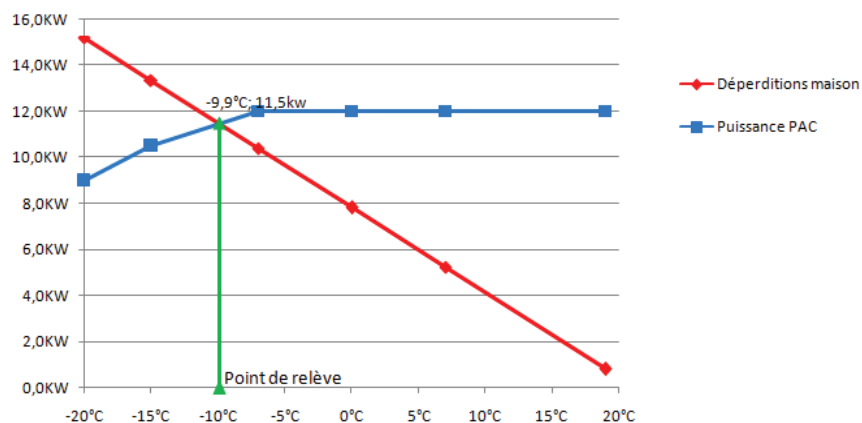


Figure 19: Point de relève

On en déduit qu'en dessous de -9,9°C, la PAC ne suffit plus à produire de la chaleur thermique dans la maison. Le chauffage d'appoint prend ainsi la relève. Nous pouvons conserver la chaudière actuelle qui se met en marche pour prendre la relève.

## 5) La production de l'eau chaude sanitaire

La consommation d'énergie se chiffre selon la formule suivante:

$$Q=m *C_p * \Delta T$$

En moyenne chaque personne consomme 50L d'eau chaude sanitaire par jour. La température est égale à 50°C et la température d'eau froide est égale à 12°C. La durée d'utilisation de l'eau chaude annuelle est de 337 jours.

Consommation de l'eau chaud sanitaire par litre par jour=50\*4=200l

Consommation de l'eau chaud sanitaire par kg par jour=200\*0.999=199.8kg

La consommation des énergies par jour= 199.8\*4180\*(50-12)/3600/1000

$$=8.8156\text{kwh}$$

La consommation des énergies par ans=8.8156\*337=2971kwh

| Comparatif des coûts suivant les énergies |         |      |       | Coût annuel en Euros | Quantité annuelle consommée | Performance | CAPTEURS SOLAIRES 40% |               |
|---|---------|------|-------|----------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|---------------|
| Fuel                                      | €/litre | €/kg | €/kwh |                      |                             |             | Economie              | Reste à payer |
| Fuel                                      | 1,079   | 0,75 | 10,00 | 424 €                | 396 litres                  | D           | 169,5 €               | 254 €         |
| Gaz naturel                               | 0,052   | 0,85 | 1,00  | 182 €                | 3495 kwh                    | C           | 72,7 €                | 109 €         |
| Propane                                   | 1,660   | 0,75 | 13,60 | 483 €                | 291 kgs                     | F           | 199,4 €               | 290 €         |
| Geothermie                                | 0,115   | 1,00 | 1,00  | 113 €                | 990 kwh                     | A           | 45,36 €               | 68 €          |
| PAC Air eau                               | 0,115   | 2,80 | 1,00  | 122 €                | 1061 kwh                    | B           | 48,6 €                | 73 €          |
| Electricité                               | 0,119   | 0,98 | 1,00  | 360 €                | 3031 kwh                    | E           | 144,1 €               | 216 €         |
| Thermodynamique                           | 0,115   | 1,30 | 1,00  | 103 €                | 900 kwh                     | A           |                       |               |
| Thermodynamique solaire                   | 0,115   | 1,00 | 1,00  | 68 €                 | 594 kwh                     | A           |                       |               |

Tableau 9: Comparatif des coûts de l'eau chaud sanitaire suivant les différents énergies

Le tableau au dessus démontre les prix de consommations des énergies annuel pour l'eau chaude sanitaire suivant les différentes énergies. Nous pouvons voir que la solution le plus économique et écologique est la thermodynamique solaire. Le chauffe-eau avec fuel réalise un prix 6.2 fois plus élevée que le chauffe-eau par thermodynamique solaire.

En faisant la comparaison des sources d'énergie, l'entreprise a conseillé un chauffe-eau thermodynamique solaire appelé Vivésol au client, il est la solution le plus avantageuse en rapport qualité /prix.

Le système Vivésol capte l'énergie environnante et fonctionne 24 /24H y compris sans ensoleillement.



Le COP est de 5.2 à 7°C température extérieur et pour une eau à 35°C. Il réalise une économie de 60 à 80% d'énergie suivant la température extérieur. Il permet de fournir de l'eau chaude toute l'année : 50°C garantie jusqu'à -5°C en extérieur. Bloc thermodynamique absorbée 390W-550W de puissance et fournie de 1690W jusqu'à 2900W de puissance.

Le panneau solaire thermodynamique à une dimension de 2000mm\*800mm\*20mm avec 8 kg de poids.

Figure 20: système Vivésol thermodynamique solaire

L'entreprise conseil un ballon de 200L qui mesure 1.5m de haut et 584mm de diamètre. Il a un poids de 85 kg.

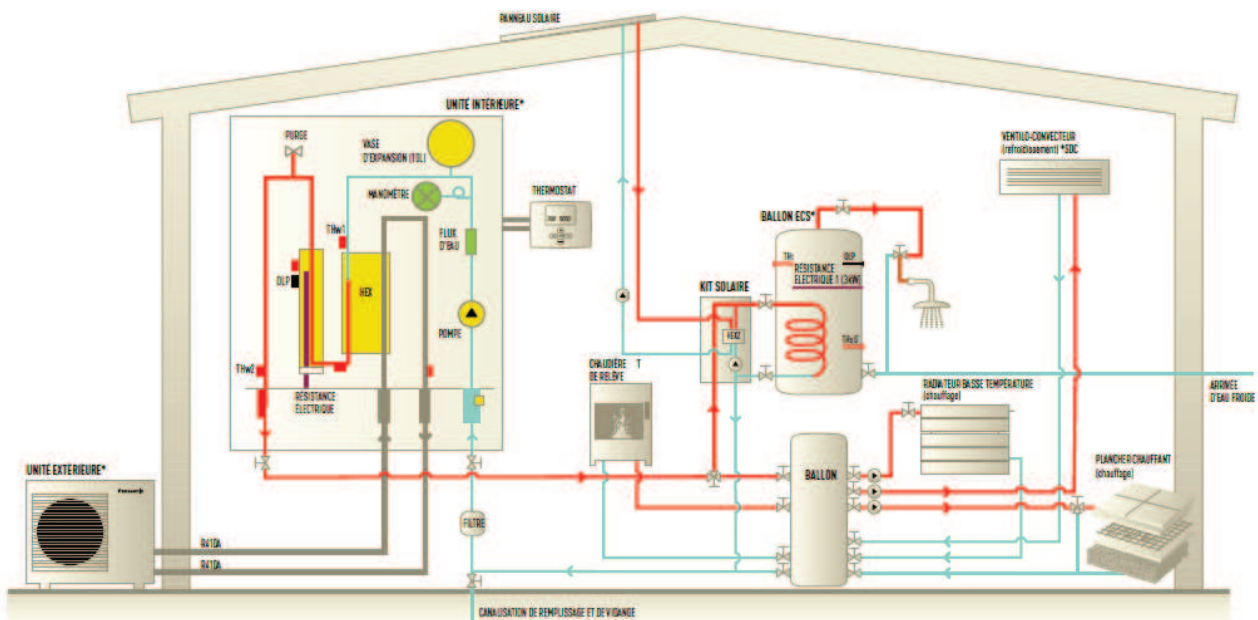


Figure 21: Installation pompe à chaleur Panasonic en relève de chaudière et panneaux solaires.

## 6) Les autres solutions énergétique mis en place

- **Ventilation Mécanique Contrôlée**

Pour traiter le problème de condensation et d'humidité de la maison, l'installation d'une VMC est la solution plus favorable. Nous conseillons une VMC ATLANTIC hygroréglable de type A simple flux au client.

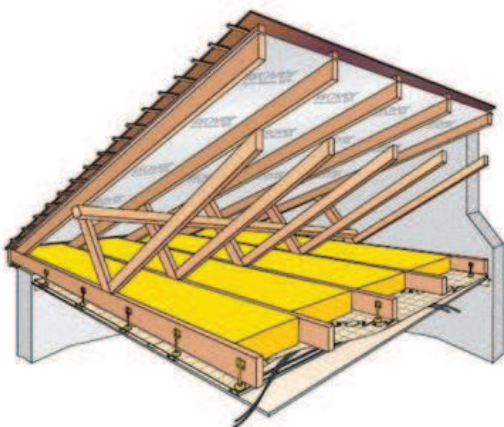
Cette ventilation hygroréglable à deux vitesses de fonctionnement pour limiter la consommation électrique.



L'installation de ventilation compose un hygrolix, un bouche salle de bain, un bouche cuisine, un bouche WC, un entrées d'air 45 m<sup>3</sup>/h pour le salon et 5 entrées d'air 22 m<sup>3</sup>/h pour les chambres, un chapeau de toiture et 24 m longueur de conduit intérieur isolé.

*Figure 22: hygroréglable de type A*

- **Isolation du comble**



La maison sans l'isolation de comble à pour conséquence une forte perte de quantité d'énergie. Nous conseillons au client de faire une isolation du comble avec laine de verre.

*Figure 23: isolation de comble*

## 7) Devis client

| Description   | Quantité | Prix Unit. | TVA              | Montant          |
|---|----------|------------|------------------|------------------|
| Pompe à Chaleur T-CAP TOTAL CAPACITY KITS CHAUFFAGE MONOPHASE PANASONIC                 | 1.00     | 9898.00€   | 7.00%            | 9898.00€         |
| BALLON TAMPON 200 LITRES  | 1.00     | 615.00€    | 7.00%            | 615.00€          |
| Chauffe-eau Thermodynamique Solaire Vivesol   | 1.00     | 3894.00€   | 7.00%            | 3894.00€         |
| Pose Air/Eau en relève avec une chaudière   | 1.00     | 3000.00€   | 7.00%            | 3000.00€         |
| pose ballon thermodynamique solaire accessoires compris                                 | 1.00     | 620.00€    | 7.00%            | 620.00€          |
| Vmc hygrolux simple flux  | 1.00     | 383.00€    | 7.00%            | 383.00€          |
| vmc + bouche salle de bain + bouche cuisine + bouche wc                                 |          |            |                  |                  |
| Entrées d'air grande entaille 45 m3/h   | 1.00     | 7.18€      | 7.00%            | 7.18€            |
| Entrées d'air grande entaille 22 m3/h   | 5.00     | 7.18€      | 7.00%            | 35.90€           |
| chapeau de toiture 125mm  | 1.00     | 63.00€     | 7.00%            | 63.00€           |
| Deplacement VMC   | 1.00     | 160.00€    | 7.00%            | 160.00€          |
| Matériel électrique VMC   | 1.00     | 160.00€    | 7.00%            | 160.00€          |
| forfait main d'oeuvre + accessoires modification d'installation                         | 1.00     | 248.00€    | 7.00%            | 248.00€          |
| Calorifugé, conduit intérieur type T82 Alu et pare-vapeur en PVC Epaisseur isolant 25mm | 1.00     | 37.90€     | 7.00%            | 37.90€           |
| Sortie de toiture tuile rouge plastique+plomb diam 125 Atlantic                         | 2.00     | 63.00€     | 7.00%            | 126.00€          |
| remise exceptionnelle client partenaire sur matériel thermodynamique solaire            | 1.00     | -1500.00€  | 7.00%            | -1500.00€        |
| Thermostat-programmateur de chauffage radio digital sans fil                            | 1.00     | 179.00€    | 7.00%            | 179.00€          |
|   |          |            | <b>Total HT</b>  | <b>17926.98€</b> |
|   |          |            | <b>TVA 7.00%</b> | <b>1254.88€</b>  |
|   |          |            | <b>Total TTC</b> | <b>19181.86€</b> |

*Tableau 10: Extrait du devis pour les travaux de rénovation de Monsieur LASSAUGE*

D'après le tableau 10, l'étude technique de la maison met en évidence 4 solutions adaptées afin de réduire la consommation et la facture énergétiques de Monsieur LASSAUGE.

- Pompe a chaleur air/eau AQUAREA T-CAP 12 KW de Panasonic à 13708.84 €
- Chauffe-eau thermodynamique solaire de la marque vivésol à 4166.58 €
- Ventilation Mécanique Contrôlée hygroréglable de type A de la marque ATLANTIC à 1306.45€
- Isolation des combles avec de la laine de verre à 1500€

Le coût total des travaux est estimé à 20681€.

## 8) Les aides au financement

Monsieur LASSAUGE bénéficie de plusieurs aides au financement de sa rénovation : le crédit d'impôt développement durable et L'éco-prêt à taux zéro.

|                               | Type de travaux          | Prix du travaux | Taux du crédit d'impôt |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
| Premier action d'amélioration | Pompes à chaleur air/eau | 10 590,0 €      | 23%                    |
| Second action d'amélioration  | Solaire thermique        | 2 561,6 €       | 40%                    |
| 3ème action d'amélioration    | Isolation+MO des murs    | 1 500,0 €       | 23%                    |

Tableau 11: Les crédits d'impôt développement durable pour monsieur LASSAUGE

Le montant des dépenses ne peut excéder 16 000 € pour un couple marié sur une période de cinq années consécutives. Monsieur LASSAUGE n'a pas effectuée de dépense depuis 5 ans. La dépense totale éligible en 2012 est de 16 000 €. Nous pouvons utiliser le logiciel pour calculer la totalité de crédits d'impôt.

La rénovation réalise ensemble trois actions éligibles au crédit d'impôt :

Taux crédit d'impôt pour Pompe à chaleur air /eau pour production de chaleur est 23%. Le montant de crédit d'impôt est 2435.7€.

Taux crédit d'impôt pour Equipements de production d'énergie utilisant l'énergie solaire thermique est de 40%. La dépense maximum pour un m<sup>2</sup> de panneau solaire est de 1000€. La surface de panneau de solaire est de 1.6m<sup>2</sup> .Le montant de crédit d'impôt est de 640€.

Taux crédit d'impôt pour Matériaux d'isolation thermique est de 23%. Le montant de crédit d'impôt est quand à lui de 345€.

À la totalité, Monsieur LASSAUGE dispose de 3420.7€ de crédit d'impôt.



|                            |                    |                                 |          |
|----------------------------|--------------------|---------------------------------|----------|
| Revenu Fiscal de Référence | 29 000,00 €        | Cumul<br>Crédit d'impôt+Eco PTZ | OUI      |
| Choisir de type de Eco PTZ | Bouquet3 (0-30000) | Montant de l'eco PTZ            | 20 681 € |
|                            |                    | Duree                           | 15 ans   |
|                            |                    | Mensualité                      | 115 €    |

Tableau 12: L'éco-prêt à taux zéro pour monsieur LASSAUGE

Monsieur est éligible à l'éco-prêt à taux zéro. Il emprunte 20681€ sur 15 ans sans besoins de payer d'intérêts.

## 9) Economie et amortissement

A partir de la puissance énergétique nécessaire, nous faisons un devis détaillé de ce qui composera le profil de consommation future et qui identifie les économies pendant 20 ans ainsi que la durée d'amortissement.

Le tout en tenant compte d'une hypothèse raisonnable d'augmentation annuelle du coût des énergies de 5% et du coût de l'entretien de 7% en générale.

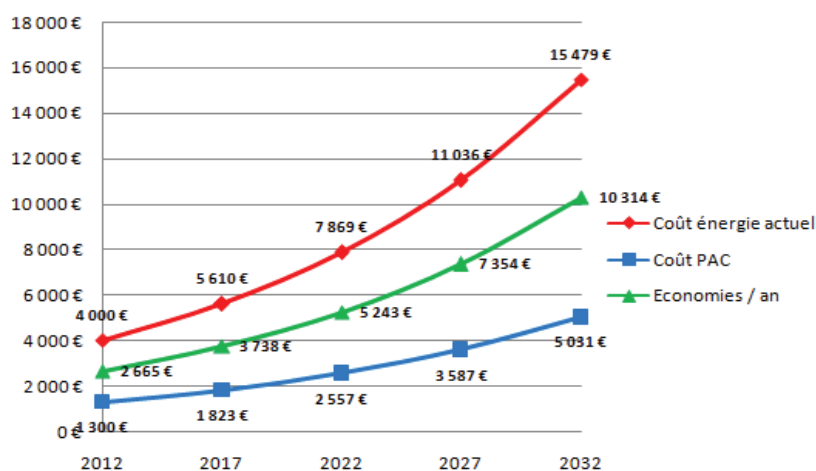


Figure 24: Courbe d'économie

| ANNEES       | COUT ENERGIE ACTUEL | COUT ENTRETIEN ACTUEL | COUT PAC chauf.+ecs | COUT ENTRETIEN PAC | Plus value abo. électrique | ECONOMIES / AN   |
|--------------|---------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|----------------------------|------------------|
| 2012         | 4 000 €             | 140 €                 | 1 300 €             | 140 €              | 35 €                       | 2 665 €          |
| 2017         | 5 610 €             | 179 €                 | 1 823 €             | 179 €              | 49 €                       | 3 738 €          |
| 2022         | 7 869 €             | 228 €                 | 2 557 €             | 228 €              | 68 €                       | 5 243 €          |
| 2027         | 11 036 €            | 291 €                 | 3 587 €             | 291 €              | 96 €                       | 7 354 €          |
| 2032         | 15 479 €            | 371 €                 | 5 031 €             | 371 €              | 134 €                      | 10 314 €         |
| <b>Total</b> | <b>179 461 €</b>    | <b>5 001 €</b>        | <b>58 325 €</b>     | <b>5 001 €</b>     | <b>1 553 €</b>             | <b>119 583 €</b> |

|                                  |                  |
|----------------------------------|------------------|
| Economie total                   | <b>119 583 €</b> |
| Investissement                   | 20 681,00 €      |
| credit d'impôt                   | 3 420,70 €       |
| PRIX FINAL                       | 17 260,30 €      |
| Gain total sur 20 ans            | <b>102 322 €</b> |
| Economie moyenne/an sur 20 ans   | <b>5 979 €</b>   |
| installation amortie en moins de | <b>6 ans</b>     |

*Tableau 13: financement*

En réalisant une économie totale de **119 583 €** estimée sur 20 ans, soit une économie moyenne de **5 979 €** sur 20 ans. Monsieur LASSAUGE pourra amortir l'investissement en mois de 6 ans.

## 10) Conclusion

Après la mise en place des solutions d'économie, Monsieur LASSAUGE a pu valoriser son patrimoine immobilier en passant d'une habitation énergivore de classe G (>450kwh/ m<sup>2</sup> /an) à une habitation plus économie de classe C (<150kwh/m<sup>2</sup>/an) et en rejetant moins de gaz à effet de serre (de 80 à 10 Kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/an : passage de classe F à classe B).

## **IX. Conclusion**

Au cours de ces 5 mois, j'ai pris connaissance du fonctionnement d'une entreprise. Ce stage fut d'un réel enrichissement et une réelle source d'intérêts pour moi. Il est en correspondance avec ce que j'ai étudié à l'école et m'a permis de réaliser des progrès significatifs dans ma compréhension et ma pratique de la langue française.

J'ai pu enrichir mes compétences dans les domaines de l'analyse d'un projet de rénovation et communication avec les clients. J'ai appris à calculer le coefficient d'isolation et les déperditions. J'ai également pu expérimenter le calcul de consommation d'énergie pour chauffage et chauffe-eau sanitaire. J'ai appris comment faire un devis énergétique pour une maison et comment optimiser l'investissement en informant sur la fiscalité et les aides financières auxquelles le client peut prétendre. J'ai aussi pu expérimenter proposer au client la durée d'amortissement d'un projet. J'ai également enrichi mes compétences en concevant un outil pour l'unité commerciale sur Excel.

Plus qu'un stage cela fut vécue pour moi comme une expérience professionnelle. Il m'a permis d'approfondir mes connaissances techniques. J'ai eu le plaisir de travailler dans un domaine qui me passionne et en évolution permanente.

## **X. Bibliographie**

### **Sites internet :**

[www.eurextherm.fr/Cesi%20Cethi.pdf](http://www.eurextherm.fr/Cesi%20Cethi.pdf)

[www.labrivert58.fr/SWaP/DOC/conducte.pdf](http://www.labrivert58.fr/SWaP/DOC/conducte.pdf)

[www.thermexcel.com](http://www.thermexcel.com)

[www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10254](http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10254)

[www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr)

[www.ademe.com](http://www.ademe.com)

<http://www.abcclim.net/le-ventilo-convecteur.html>

### **Catalogues techniques :**

IDK Catalogue produits finis chauffage-EnR 2010-2011

Panasonic ; Catalogue systèmes de chauffage et climatisation 2011

Clim+ ; Catalogue et Tarif 2011-2012 Chauffage et Climatisation

## **XI. Résumé et mots-clés**

Nous habitons un logement, maison individuelle ou un appartement. En France, le secteur de l'habitat compte pour environ 43% de la consommation totale d'énergie. Pour réduire la consommation d'énergie et améliorer la performance énergétique nous pouvons améliorer ou rénover l'habitation ancienne. Les travaux de rénovation d'un logement est composé de : l'isolation, le système de chauffage, de production d'eau chaude, de climatisation, ventilation. Le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire représentent 65% de la facture énergétique d'une maison et jusqu'à 75% en lorraine. Nous pouvons diminuer les besoins de chauffage grâce à une bonne isolation. Le système de chauffage le plus efficace est la pompe à chaleur qui consomme moins d'énergie. Le chauffe eau thermodynamique et le chauffe eau thermo solaire sont des solutions plus écologies et économie pour production de l'eau chaude sanitaire. On peut bénéficier d'un crédit d'impôt pour certain des travaux d'amélioration ou de rénovation. Après la rénovation nous obtenons un logement plus confortable et plus économe en énergie.

Mots-clés : rénovation d'une habitation, économie d'énergie, pompe à chaleur, ventilation, isolation, chauffe l'eau, étude énergétique

Titre en anglais: Analysis of a Residential Energy Retrofit

We live in a home, a house or an apartment. In France, the housing sector accounts for about 43% of the total energy consumption. In order to reduce the energy consumption and improve the energy performance we can renovate the old house. The renovation of an old apartment is composed of: insulation, heating, hot water production, air conditioning, ventilation. The system heating and production hot water account for 65% of the total energy cost of a house and up to 75% in Lorraine. We can reduce the need of heating of a house by a good insulation. The system heat pump is the most efficient heating system which uses less energy. The thermodynamic hot water heater and the thermodynamic solar water heater are the solutions more ecologies and economies for production of hot water. We can receive a tax credit for certain improvements or renovations of the projects. After the renovation we get a home more comfortable and energy efficient.



Génération O2

11 rue d'amsterdam

54500 Vandoeuvre les nancy



Université de Lorraine Nancy

Faculté des sciences et  
technologies de Nancy

Le Montet, rue du doyen Urion

54600 Villers-lès-Nancy

## **Annexe de stage**

# Analyse d'une rénovation énergétique d'habitation

### Mécanique et Energie procédés produits

Tu Jia


Master 2 MEPP

Date de soutenance : 04 /09 /2012

Maîtres de Stage :

Jacques Charpentier

## Annexes 1: le choix d'une PAC

|                             | PAC sol/sol<br>ou sol/eau  | PAC eau glycolée/eau<br>ou eau/eau  | PAC air extérieur/eau  | PAC air extérieur/air<br>ou air extrait/air neuf   |
|-----------------------------|--|---|--|--|
| <b>Coût</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Investissement : de 70 à 100 € TTC par m<sup>2</sup> chauffé, hors eau chaude sanitaire et rafraîchissement.</li> <li>Fonctionnement : de 2,3 à 3,5 € TTC par m<sup>2</sup> et par an.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Investissement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>systèmes à capteurs horizontaux, de 85 € TTC par m<sup>2</sup> chauffé (option chauffage) à 135 € TTC par m<sup>2</sup> chauffé (option chauffage et rafraîchissement);</li> <li>systèmes à capteurs verticaux, de 145 à 185 € TTC par m<sup>2</sup> chauffé;</li> <li>systèmes sur eau de nappe, 80 à 130 € TTC par m<sup>2</sup> chauffé.</li> </ul> </li> <li>Fonctionnement : de 2,3 à 3,5 € TTC par m<sup>2</sup> et par an.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Investissement : de 65 € TTC par m<sup>2</sup> à 90 € TTC par m<sup>2</sup> (chauffé et rafraîchi) ;</li> <li>Fonctionnement : de 2,5 € TTC par m<sup>2</sup> et par an à 3,7 € TTC par m<sup>2</sup> et par an.</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Investissement : de 60 € TTC par m<sup>2</sup> à 90 € TTC par m<sup>2</sup> (chauffé et rafraîchi) ;</li> <li>Fonctionnement : de l'ordre de 2,5 € TTC par m<sup>2</sup> et par an à 3,7 € TTC par m<sup>2</sup> et par an.</li> </ul>  |
| <b>Appoint</b>              | Pas nécessaire.  | Pas nécessaire.   | Toujours intégré au système, peu ou pas utilisé dans les systèmes les plus performants, nécessaire pour les autres.  | Toujours nécessaire.   |
| <b>Eau chaude sanitaire</b> | Production possible.   | Production possible.  | Préchauffage ou production possibles.  | Non conçu pour produire de l'eau chaude sanitaire.   |
| <b>Rafraîchissement</b>     | Pas possible sur plancher chauffant, possible avec des unités à détente directe.   | Possible (sauf si les émetteurs sont des radiateurs) et bien maîtrisé.  | Possible (sauf si les émetteurs sont des radiateurs) et bien maîtrisé.   | Possible et bien maîtrisé.   |
| <b>Avantages</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Système simple, coût limité pour du géothermique ;</li> <li>adaptée aux climats rigoureux ;</li> <li>existence obligatoire d'un avis technique du CSTB (pompe sol/sol).</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptée aux climats rigoureux ;</li> <li>peu de fluide frigorigène, confiné dans la PAC ;</li> <li>adaptation possible à un réseau de chauffage central existant.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Système simple, coût limité ;</li> <li>utilisable en appartement à chauffage individuel ;</li> <li>peu de fluide frigorigène, confiné dans la PAC ;</li> <li>adaptation possible à un réseau de chauffage central existant.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Utilisable en appartement à chauffage individuel ;</li> <li>couplage avec la VMC pour les PAC air extrait/air neuf.</li> </ul>  |
| <b>Contraintes</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Systèmes à capteurs horizontaux seulement ;</li> <li>quantité importante de fluide frigorigène mise en œuvre (surtout pour la pompe sol/sol) ;</li> <li>exiger une solide expérience de l'installateur ;</li> <li>pour la PAC sol/sol, technologie de plancher spécifique.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Système plus coûteux qu'une PAC sol/sol ou sol/eau.</li> </ul> <p>Pour les PAC à capteurs verticaux ou sur eau de nappe :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>exiger une solide expérience de l'installateur et du foreur ;</li> <li>démarches et autorisations à envisager ;</li> <li>coût élevé des forages.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Exiger des modèles particulièrement performants dans les climats rigoureux ;</li> <li>vérifier le niveau de bruit développé par la PAC.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>N'assure pas la production d'eau chaude sanitaire ;</li> <li>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) ;</li> <li>n'assure pas la totalité du chauffage pour les PAC air extrait/air neuf.</li> </ul> |

## Annexe 2: Comparaison les différentes VMC

| type de ventilation                  | avantages  | inconvénients   |  |
|--------------------------------------|--|---|--|
| <b>VMC simple-flux autoréglable</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>débit d'air entrant constant</li> <li>avec des entrées d'air acoustiques, diminution des nuisances sonores extérieures</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>ne prend pas en compte l'humidité intérieure</li> </ul>  | neuf et rénovation (bâtiment postérieur à 1982 ) |
| <b>VMC simple-flux hygroréglable</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>débit d'air entrant variable en fonction de l'humidité, donc de l'occupation et des activités</li> <li>économies d'énergie par rapport à la précédente</li> <li>avec des entrées d'air acoustiques, diminution des nuisances sonores extérieures</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>système plus coûteux à l'achat qu'une VMC simple-flux autoréglable</li> <li>conçue pour réagir à l'humidité, pas d'efficacité supplémentaire pour les polluants chimiques</li> </ul> |  |
| <b>VMC double-flux</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>économies d'énergie par récupération de calories</li> <li>filtration de l'air entrant</li> <li>sensation de courant d'air froid supprimée</li> <li>isolation acoustique du dehors</li> <li>préchauffage ou rafraîchissement de l'air entrant</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>système le plus coûteux à l'achat</li> <li>bruit des bouches d'insufflation, en particulier dans les chambres, en cas de mauvaise conception</li> </ul>                              |  |
| <b>VMR</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>solution pour la rénovation</li> <li>pas de conduits et de gaines à entretenir, organes à nettoyer facilement accessibles</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>présence d'un groupe d'extraction dans chaque pièce de service (encombrement, esthétique)</li> <li>bruit de certains ventilateurs</li> </ul>   | rénovation (bât. a                               |



## Annexe 3: Tables des DJU

| Départements |                         | Villes                       | DJU   | Altitudes |
|--------------|-------------------------|------------------------------|-------|-----------|
| 01           | Ain                     | Ambérieu                     | 2 626 | 252       |
| 02           | Aisne                   | Saint-Quentin                | 2 724 | 98        |
| 03           | Allier                  | Vichy                        | 2 508 | 250       |
| 04           | Alpes de Haute Provence | Allos                        | 3 470 | 1 431     |
|              |                         | Saint Auban sur Durance      | 2 213 | 457       |
|              |                         |                              | 2 213 |           |
| 05           | Hautes Alpes            | Gap-Ville                    | 2 789 | 775       |
|              |                         | Le Monetier Sestrières       | 4 475 | 2 000     |
|              |                         | Orcières                     | 3 586 | 1 440     |
| 06           | Alpes Maritimes         | Cannes                       | 1 619 | 3         |
|              |                         | Isola                        | 2 925 | 870       |
|              |                         | Saint Etienne de Tinée-Auron | 3 428 | 1 610     |
| 07           | Ardèche                 | Tournon                      | 2 314 | 123       |
| 08           | Ardennes                | Sedan                        | 2 939 | 153       |
| 09           | Ariège                  | L'Hospitalet près l'Andorre  | 3 206 | 1 428     |
|              |                         | Saint Gérons                 | 2 272 | 411       |
| 10           | Aube                    | Romilly sur Seine            | 2 620 | 77        |
| 11           | Aude                    | Carcassonne                  | 1 930 | 123       |
| 12           | Aveyron                 | Millau                       | 2 374 | 410       |
|              |                         | Rueyres Brommat              | 2 703 | 732       |
| 13           | Bouches du Rhône        | Aix en Provence              | 1 750 | 215       |
|              |                         | Marseille Observatoire       | 1 627 | 75        |
| 14           | Calvados                | Caen                         | 2 451 | 66        |
| 15           | Cantal                  | Aurillac                     | 2 921 | 680       |
|              |                         | Saint Flour                  | 3 302 | 906       |
| 16           | Charente                | Angoulême                    | 2 136 | 83        |

|    |                   |                           |                  |           |
|----|-------------------|---------------------------|------------------|-----------|
| 17 | Charente Maritime | La Rochelle Port          | 1 945            | 1         |
| 18 | Cher              | Avord                     | 2 487            | 177       |
| 19 | Corrèze           |                           | 2 250 à 3<br>200 | 100 à 980 |
| 20 | Corse             | Albertacce Popaja         | 3 022            | 1 074     |
|    |                   | Bastia                    | 1 478            | 10        |
|    |                   | Bonifacio Cap Pertusato   | 1 259            | 105       |
|    |                   | Carbini Marghèse          | 2 774            | 980       |
| 21 | Côte d'Or         | Dijon Longvic             | 2 675            | 220       |
| 22 | Côtes d'Armor     | Perros Guirrec Ploumanach | 2 105            | 78        |
|    |                   | Rostrenen                 | 2 445            | 262       |
| 23 | Creuse            | La Courtine               | 3 061            | 765       |
| 24 | Dordogne          | Bergerac                  | 2 079            | 31        |
| 25 | Doubs             | Besançon                  | 2 719            | 311       |
|    |                   | Charquemont               | 3 548            | 870       |
| 26 | Drôme             | Lus le croix Haute        | 3 389            | 1 036     |
|    |                   | Montélimar                | 2 121            | 73        |
| 27 | Eure              |                           | 2 500 à 2<br>600 | 150       |
| 28 | Eure et loir      | Chartres                  | 2 586            | 155       |
| 29 | Finistère         | Brest                     | 1 990            | 44        |
| 30 | Gard              | Mont Aigoual              | 3 928            | 1 567     |
|    |                   | Nîmes Courbessac          | 1 782            | 59        |
| 31 | Haute Garonne     | Bagnère de Luchon         | 2 511            | 630       |
|    |                   | Toulouse                  | 2 035            | 194       |
| 32 | Gers              |                           | 2 000 à 2<br>150 | 80 à 380  |
| 33 | Gironde           | Bordeaux                  | 2 037            | 47        |
|    |                   | Cap Ferret                | 1 652            | 9         |

|    |                    |                        |               |            |
|----|--------------------|------------------------|---------------|------------|
| 34 | Hérault            | Montpellier            | 1 703         | 81         |
|    |                    | Sète                   | 1 520         | 94         |
| 35 | Illes et Vilaine   | Rennes                 | 2 292         | 35         |
| 36 | Indre              | Châteauroux            | 2 403         | 160        |
| 37 | Indre et Loire     | Tours                  | 2 338         | 96         |
| 38 | Isère              | Besse en Oisans        | 3 700         | 1 470      |
|    |                    | Grenoble               | 2 614         | 223        |
|    |                    | Villard de Ians        | 3 451         | 1 050      |
| 39 | Jura               | Saint Claude Etables   | 2 918         | 400        |
| 40 | Landes             | Dax                    | 1 785         | 31         |
|    |                    | Mont de Marsan         | 2 036         | 59         |
| 41 | Loir et Cher       | Romorantin             | 2 467         | 84         |
| 42 | Loire              | Saint Etienne Bouthéon | 2 636         | 399        |
| 43 | Haute Loire        | Le Puy en Velay        | 2 905         | 714        |
| 44 | Loire Atlantique   | Nantes                 | 2 199         | 26         |
| 45 | Loiret             | Orléans - Bricy        | 2 532         | 124        |
| 46 | Lot                | Gourdon                | 2 132         | 205        |
| 47 | Lot et Garonne     | Agen                   | 2 078         | 61         |
| 48 | Lozère             |                        | 2 700 à 3 500 | 400 à 1700 |
| 49 | Maine et Loire     | Angers                 | 2 308         | 54         |
| 50 | Manche             | Cherbourg              | 2 118         | 8          |
| 51 | Marne              | Reims                  | 2 665         | 94         |
| 52 | Marne (Haute)      | Langres                | 2 954         | 464        |
|    |                    | Saint Dizier           | 2 615         | 139        |
| 53 | Mayenne            |                        | 2 300 à 2 550 | 30 à 420   |
| 54 | Meurthe et Moselle | Nancy                  | 2 854         | 203        |


|    |                      |                        |       |       |
|----|----------------------|------------------------|-------|-------|
| 55 | Meuse                | Bar le Duc             | 2 985 | 313   |
| 56 | Morbihan             | Lorient                | 2 163 | 42    |
| 57 | Moselle              | Metz                   | 2 797 | 170   |
| 58 | Nièvre               | Château Chinon         | 2 858 | 598   |
|    |                      | Nevers                 | 2 536 | 176   |
| 59 | Nord                 | Lille                  | 2 693 | 55    |
| 60 | Oise                 | Beauvais               | 2 680 | 101   |
|    |                      | Compiègne              | 2 577 | 41    |
|    |                      | Creil                  | 2 636 | 88    |
| 61 | Orne                 | Alençon                | 2 537 | 73    |
| 62 | Pas de Calais        | Boulogne sur Mer       | 2 537 | 73    |
| 63 | Puy de Dôme          | Clermont Ferrand       | 2 509 | 329   |
|    |                      | Le Mont Dore           | 3 342 | 1 050 |
|    |                      | Puy de Dôme            | 3 918 | 1 465 |
| 64 | Pyrénées Atlantiques | Biarritz               | 1 432 | 28    |
|    |                      | Pau                    | 2 048 | 189   |
| 65 | Pyrénées (Hautes)    | Pic du Midi de Bigorre | 5 243 | 2 860 |
|    |                      | Tarbes                 | 2 166 | 360   |
| 66 | Pyrénées Orientales  | Font Romeu             | 3 602 | 1 705 |
|    |                      | Perpignan              | 1 464 | 43    |
|    |                      | Prats de Mollo         | 2 397 | 1 000 |
| 67 | Bas Rhin             | Howald Melkerefelsen   | 3 310 | 775   |
|    |                      | Strasbourg             | 2 706 | 139   |
| 68 | Haut Rhin            | Ballon de Guebwiller   | 4 036 | 1 390 |
|    |                      | Colmar                 | 2 575 | 190   |
|    |                      | Mulhouse - Bâle        | 2 948 | 267   |
| 69 | Rhône                | Lyon                   | 2 499 | 196   |

|    |                 |                      |               |            |
|----|-----------------|----------------------|---------------|------------|
| 70 | Saône (Haute)   | Luxeuil les Bains    | 2 944         | 272        |
| 71 | Saône et Loire  | Chalon sur Saône     | 2 638         | 179        |
| 72 | Sarthe          | Le Mans              | 2 428         | 52         |
| 73 | Savoie          | Bourg Saint Maurice  | 3 096         | 865        |
|    |                 | Tignes le Villaret   | 3 996         | 1 750      |
|    |                 | Valloire             | 3 452         | 1 296      |
| 74 | Savoie (Haute)  | Annecy               | 2 756         | 448        |
|    |                 | Annemasse            | 3 006         | 445        |
|    |                 | Les Gets             | 3 807         | 1 200      |
| 75 | Paris           | Paris                | 2 406         | 78         |
| 76 | Seine Maritime  | Rouen                | 2 569         | 68         |
| 77 | Seine et Marne  | Melun                | 2 547         | 91         |
| 78 | Yvelines        | Villacoublay         | 2 659         | 171        |
| 79 | Deux-Sèvres     |                      | 2 100 à 2 350 | 10 à 270   |
| 80 | Somme           | Abbeville            | 2607          | 57         |
| 81 | Tarn            |                      | 1 450 à 2 250 | 120 à 1250 |
| 82 | Tarn et Garonne |                      | 2 050 à 2 150 | 70 à 500   |
| 83 | Var             | Brignoles            | 1 982         | 205        |
|    |                 | Toulon               | 1 377         | 23         |
| 84 | Vauduse         | Apt                  | 2 171         | 234        |
| 85 | Vendée          | Les Sables d'Olonnes | 2 143         | 9          |
| 86 | Vienne          | Poitiers             | 2 363         | 118        |
| 87 | Vienne (Haute)  | Limoges              | 2 520         | 282        |

|    |                       |            |       |     |
|----|-----------------------|------------|-------|-----|
| 88 | Vosges                | Epinal     | 2 875 | 385 |
| 89 | Yonne                 | Auxerre    | 2 535 | 207 |
| 90 | Territoire de Belfort | Belfort    | 2 939 | 422 |
| 91 | Essonne               | Etampes    | 2 632 | 145 |
| 92 | Hauts de Seine        |            | 2 500 |     |
| 93 | Seine-Saint-Denis     | Le Bourget | 2 464 | 52  |
| 94 | Val-de-Marne          | Orly       | 2 510 | 89  |

## Annexe 4 : Caractéristique chauffage actuel

Etude Technique M. Jacques à nancy le 11/04/2012

|  Caractéristique chauffage actuel |  |   |  |
|--|--|---|--|
| Type d'alimentation électrique   | Type d'abonnement électrique actuel        | Puissance souscrite de l'abonnement électrique actuel | Nouveau type d'alimentation électrique |
| monophasé  | option base                                | 6KVA/30A/6,6KW  | monophasé                              |
| Nouveau type d'abonnement électrique   | Puissance souscrite du nouvelle abonnement | Chauffage d'appoint                                   | Puissance de l'appoint                 |
| HP HC  | 9KVA/45A/9,9KW                             | poêle à bois  | 5KW                                    |
| Chauffage actuel   | Production ECS                             | Puissance chaudière                                   | Type d'émetteur                        |
| chaudière fioul de plus de 15 ans  | combiné chaudière fuel                     | 34KW  | radiateur en acier haute température   |
| Régulation   | Régulation principale des émetteurs        | Nombre de vanne classique                             |  |
| aucun  | vanne classique                            | 10  |  |
| Consommation chaudière   | Coût d'entretien chaudière                 | Consommation chauffage d'appoint                      | Coût d'entretien chauffage d'appoint   |
| 4100L  | 120EUR                                     | 0 EUR   | 20EUR                                  |

## Annexe 5: Coût comparatif du chauffage pour des habitations de 50m<sup>2</sup> à 200m<sup>2</sup> climatique1 (température de référence -15°C)

| TYPE ENERGIE UTILISEE                            | prix des énergies au Kw/h | Rendement du système | Coût annuel chauffage surface chauffée 50 m <sup>2</sup> |           |                  |                        | Coût annuel chauffage surface chauffée 100 m <sup>2</sup> |           |                  |                        | Coût an surf   |           |
|--|---------------------------|----------------------|--|-----------|------------------|------------------------|---|-----------|------------------|------------------------|----------------|-----------|
|  |                           |                      | sans isolation   | Peu isolé | isolation RT2000 | Haute isolation RT2012 | sans isolation  | Peu isolé | isolation RT2000 | Haute isolation RT2012 | sans isolation | Peu isolé |
| GAZ DE VILLE                                     | 0,052 € kW/h              | 83%                  | 898 €  | 763 €     | 404 €            | 162 €                  | 1 795 €   | 1 302 €   | 808 €            | 323 €                  | 2 693 €        | 1 950 €   |
| GAZ DE VILLE CHAUDIERE A CONDENSATION            | 0,052 € kW/h              | 100%                 | 745 €  | 633 €     | 335 €            | 134 €                  | 1 490 €   | 1 080 €   | 671 €            | 268 €                  | 2 235 €        | 1 620 €   |
| GAZ PROPANE                                      | 0,170 € kW/h              | 83%                  | 2 935 €  | 2 494 €   | 1 321 €          | 528 €                  | 5 869 €   | 4 255 €   | 2 641 €          | 1 056 €                | 8 804 €        | 6 380 €   |
| GAZ PROPANE AVEC CHAUDIERE A CONDENSATION        | 0,170 € kW/h              | 100%                 | 2 436 €  | 2 070 €   | 1 096 €          | 438 €                  | 4 872 €   | 3 532 €   | 2 192 €          | 877 €                  | 7 307 €        | 5 290 €   |
| ELECTRICTIE                                      | 0,119 € kW/h              | 100%                 | 1 706 €  | 1 451 €   | 768 €            | 307 €                  | 3 413 €   | 2 474 €   | 1 536 €          | 614 €                  | 5 119 €        | 3 710 €   |
| ELECTRICITE HP/HC                                | 0,114 € kW/h              | 100%                 | 1 633 €  | 1 388 €   | 735 €            | 294 €                  | 3 267 €   | 2 368 €   | 1 470 €          | 588 €                  | 4 900 €        | 3 550 €   |
| FIOUL  | 0,089 € kW/h              | 83%                  | 1 536 €  | 1 306 €   | 691 €            | 277 €                  | 3 073 €   | 2 228 €   | 1 383 €          | 553 €                  | 4 609 €        | 3 340 €   |
| FIOUL CHAUDIERE A CONDENSATION                   | 0,089 € kW/h              | 100%                 | 1 275 €  | 1 084 €   | 574 €            | 230 €                  | 2 550 €   | 1 849 €   | 1 148 €          | 459 €                  | 3 826 €        | 2 770 €   |
| POMPE A CHALEUR AIR/AIR HP/HC                    | 0,114 € kW/h              | 400%                 | 408 €  | 347 €     | 184 €            | 74 €                   | 817 €   | 592 €     | 368 €            | 147 €                  | 1 225 €        | 880 €     |
| POMPE A CHALEUR AIR/EAU SUR RADIATEUR HP/HC      | 0,114 € kW/h              | 330%                 | 495 €  | 421 €     | 223 €            | 89 €                   | 990 €   | 718 €     | 445 €            | 178 €                  | 1 485 €        | 1 070 €   |
| POMPE A CHALEUR AIR/EAU SUR PLANCH. CHAUF. HP/HC | 0,114 € kW/h              | 420%                 | 389 €  | 331 €     | 175 €            | 70 €                   | 778 €   | 564 €     | 350 €            | 140 €                  | 1 167 €        | 846 €     |
| BOIS   | 0,034 € kW/h              | 85%                  | 573 €  | 487 €     | 258 €            | 103 €                  | 1 146 €   | 831 €     | 516 €            | 206 €                  | 1 719 €        | 1 240 €   |
| GEOOTHERMIE                                      | 0,114 € kW/h              | 550%                 | 297 €  | 252 €     | 134 €            | 53 €                   | 594 €   | 431 €     | 267 €            | 107 €                  | 891 €          | 646 €     |
| PELLET/ GRANULE EN VRAC                          | 0,050 € kW/h              | 85%                  | 843 €  | 716 €     | 379 €            | 152 €                  | 1 264 €   | 1 433 €   | 759 €            | 303 €                  | 1 896 €        | 2 140 €   |
| PELLET/GRANULE EN SAC                            | 0,063 € kW/h              | 85%                  | 1 062 €  | 903 €     | 478 €            | 191 €                  | 1 593 €   | 1 354 €   | 956 €            | 382 €                  | 2 389 €        | 2 030 €   |



**Annexe 6: Caractéristique de Pompe à chaleur Panasonic T-cap  
12 Kw**

100%  
de capacité  
à -15°C

AQUAREA T-CAP

INVERTER+

## AQUAREA SXF // BI-BLOC // T-CAP // CHAUFFAGE SEUL MONOPHASÉ // TRIPHASÉ

Aquarea SXF est le nouveau produit Aquarea de Panasonic pour le chauffage central. T-CAP signifie capacité totale car cette nouvelle ligne est capable de garder la même capacité nominale même à -15°C sans l'aide d'un chauffage électrique d'appoint. T-CAP est également en mesure de fournir des rendements extrêmement élevés, quelle que soit la température extérieure ou la température de l'eau.

Le nouveau système SXF est idéal pour les maisons neuves ou en rénovation, localisées dans des régions froides ou en altitude et qui nécessitent le maintien de la puissance même à basses températures.

Le SXF peut être adapté à une installation existante telle qu'une relève de chaudière ou à une nouvelle installation avec plancher chauffant, radiateurs basse température ou même ventilo-convecteurs. Ces gammes peuvent également être connectées à un kit solaire afin d'augmenter l'efficacité et minimiser l'impact sur l'écosystème. Enfin, il est possible de raccorder un thermostat pour encore mieux contrôler et gérer le chauffage ou le refroidissement.



EN OPTION



### BI-BLOC // AQUAREA T-CAP // CHAUFFAGE SEUL // SXF

| UNITÉ INTERIEURE  | MONOPHASÉ                    |                  | TRIPHASÉ         |                  |
|---|------------------------------|------------------|------------------|------------------|
|   | WH-SXF090EES                 | WH-SXF120EES     | WH-SXF090EES     | WH-SXF120EES     |
| Puissance calorifique à +7°C                              | KW                           | 9                | 12               | 9                |
| CDP à +7°C avec température de chauffage de l'eau à 35°C  |                              | 4,74             | 4,67             | 4,74             |
| Puissance calorifique à -7°C                              | KW                           | 9                | 12               | 9                |
| CDP à -7°C avec température de chauffage de l'eau à 35°C  |                              | 2,81             | 2,7              | 2,81             |
| Puissance calorifique à -15°C                             | KW                           | 9                | 12               | 9                |
| CDP à -15°C avec température de chauffage de l'eau à 35°C |                              | 2,54             | 2,4              | 2,54             |
| Dimensions (H x L x P)                                    | mm                           | 892 x 502 x 353  | 892 x 502 x 353  | 892 x 502 x 353  |
| Poids   | kg                           | 47               | 49               | 51               |
| Raccord de tuyau d'eau                                    |                              | R 1 1/2          | R 1 1/2          | R 1 1/2          |
| Pompe   | Nombre de vitesses           | 3                | 3                | 3                |
|   | Puissance absorbée (max)     | W                | 190              | 190              |
| Débit de l'eau de chauffage (ΔT=5 K, 35°C)                | V/min                        | 25,8             | 34,4             | 25,8             |
| Capacité du chauffage électrique intégré                  | KW                           | 3                | 3                | 9                |
| Puissance absorbée  | KW                           | 1,9              | 2,57             | 1,9              |
| Intensité de démarrage et de fonctionnement               | A                            | 6,8              | 11,9             | 2,9              |
| Intensité maximum   | A                            | 25               | 29               | 10,4             |
|   |                              |                  |                  | 11,9             |
| UNITÉ EXTERIEURE  | WH-UX090DES                  | WH-UX12DES       | WH-UX090DES      | WH-UX12DES       |
| Niveau de pression sonore                                 | dB(A)                        | 49               | 49               | 49               |
| Niveau de puissance sonore                                | dB                           | 66               | 66               | 66               |
| Dimensions (H x L x P)                                    | mm                           | 1340 x 900 x 320 | 1340 x 900 x 320 | 1340 x 900 x 320 |
| Poids   | KG                           | 107              | 107              | 109              |
| Diamètre de tuyau   | Liquide                      | mm (pouces)      | 9,52 (3/8")      | 9,52 (3/8")      |
|   | Gaz                          | mm (pouces)      | 15,88 (5/8")     | 15,88 (5/8")     |
| Réfrigérant (R410A)                                       | kg                           | 3,10             | 3,10             | 3,10             |
| Gamme de longueurs de tuyau                               | m                            | 3 - 30           | 3 - 30           | 3 - 30           |
| Longueur de tuyau pour la capacité nominale               | m                            | 7                | 7                | 7                |
| Longueur de tuyau pour gaz supplémentaire                 | m                            | 15               | 15               | 15               |
| Quantité de gaz supplémentaire (R410A)                    | g/m                          | 50               | 50               | 50               |
| Dénivelé (D&A/D)  | m                            | 20               | 20               | 20               |
| Plage de fonctionnement                                   | Température extérieure       | °C               | -20 to 35        | -20 to 35        |
|   | Sortie d'eau (à -2/-7/-15/2) | °C               | 25 - 55          | 25 - 55          |

### BALLON D'EAU CHAUDE (AUTRES MODÈLES DANS LA PARTIE ACCESSOIRES)

| BALLON D'EAU CHAUDE SANITAIRE OPTIONNEL            | WH-T020E3ES        | WH-T030E3ES      |
|--|--------------------|------------------|
| Capacité du ballon                                 | L                  | 200              |
| Température de l'eau max                           | °C                 | 85               |
| Dimensions   | Hauteur / Diamètre | 1230 / 580       |
| Poids  | kg                 | 42               |
| Alimentation                                       |                    | 230V             |
| Matériau de l'intérieur du ballon                  |                    | Acier inoxydable |
| Surface d'échange                                  | m²                 | 1,4              |
| Perte d'énergie à 65 °C (isolé testé sous EN12897) | kWh/24h            | 1,7              |
| Vanne 3 voies incluse                              |                    | OUI              |

Calcul de la performance en accord avec Eurovent.  
Pression sonore mesurée à 1 m de l'unité extérieure et à 1,5 m de hauteur  
Conditions : Température d'entrée d'eau : 30°C, Température de sortie de l'eau : 35°C

\*1 5 ans de garantie pièce constructeur pour la compresseur sous réserve d'avoir effectué la mise en service par une station technique agréée Panasonic. La garantie pièce constructeur du compresseur est de 3 ans lorsque la mise en service n'est pas effectuée par une station technique Panasonic.

46



### FOCUS TECHNIQUE

- **NOUVEAU !** CONTRÔLE OPTIONNEL VIA SMARTPHONE AVEC LA NOUVELLE INTERFACE
- GAMME DE 9 À 12 KW EN MONOPHASÉ ET TRIPHASÉ
- TEMPÉRATURE DE SORTIE MAXIMUM DU MODULE HYDRAULIQUE : 55°C
- FONCTIONNEMENT JUSQU'À -20°C.
- 20 M DE DÉNIVELÉ MAXIMUM ENTRE L'UNITÉ EXTÉRIEURE ET LE MODULE HYDRAULIQUE
- CAPACITÉ CONSTANTE POUR DES TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES ALLANT JUSQU'À -15°C (AVEC UNE TEMPÉRATURE DE L'EAU DE CHAUFFAGE DE 35°C)



WH-UX09DES WH-UX12DES  
WH-UX09DER WH-UX12DER

### EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

- 78% plus efficace qu'un système de convecteurs électriques
- COP maximum de 4,74
- Gaz réfrigérant écologique R410A

### CONFORT

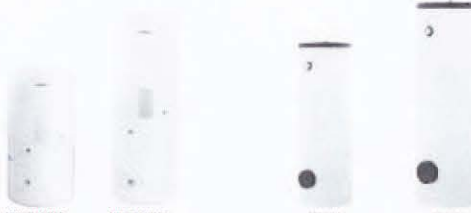
- Contrôle optimal possible avec un thermostat d'ambiance déporté (non fourni)
- Température de sortie maximum du module hydraulique : 55°C
- Optimisation de la puissance en fonction de la température de retour de l'eau
- Gestion autonome du ballon ECS et du chauffage.

### FACILITÉ D'UTILISATION

- **NOUVEAU !** contrôle optionnel via smartphone avec la nouvelle interface
- Commande sur le module hydraulique
- Programmation aisée à partir du tableau de commande

### INSTALLATION ET MAINTENANCE FACILES

- Manomètre facilement accessible pour un contrôle aisé de la pression de l'eau
- Ouverture facile du module hydraulique et de l'unité extérieure



WH-T020E3ES

WH-T030E3ES

HR280\*

HR300\*

\* Les termes de la garantie Panasonic sont basés sur le fait que les conditions de garantie fournies par le fournisseur du réservoir sont remplies. Veuillez vous assurer que le programme d'entretien est suivi comme indiqué dans le manuel du fabricant du réservoir.