

La Pompe À Chaleur

Acteur de l'économie circulaire !



La pompe à chaleur au cœur de votre confort



L'AFPAC présente :

Les acteurs majeurs de la filière de la Pompe à Chaleur

LISTE DES MEMBRES

Liste des membres au 30 novembre 2015

Industriels/fabricants

AERMEC France
ALDES AÉRAULIQUE
AMZAIR INDUSTRIE
ATLANTIC
BOOSTHEAT
BOSCH THERMOTECNOLOGIE SAS
CAREL France
CARRIER SCS - Distribution France
CHAFFOTEAUX SAS / ARISTON THERMO GROUP
CIAT
DAIKIN
DE DIETRICH
DELTA DORE
DIMPLEX SOLUTIONS THERMODYNAMIQUES SAS
ELECTRA AIRCONDITIONING INDUSTRIES 2006 LTD
FRANCE ENERGIE & Cie
HELIOPAC
HITACHI AIR CONDITIONING Europe SAS
MITSUBISHI ELECTRIC
NIBE ENERGY SYSTEMS France SAS
PANASONIC France
SANDEN International Europe Ltd - SANDEN Environnement Solutions
STIEBEL ELTRON SAS
THERMATIS TECHNOLOGIES / SOFATH
VISSMANN France SAS
WEISHAUPPT France SAS
ZODIAC POOL CARE EUROPE

Associations

AFCE - Alliance Froid Climatisation Environnement
AFF - Association Française du Froid
AFPG - Association Française des Professionnels de la Géothermie
AICVF - Association des Ingénieurs en Climatisation, Ventilation et Froid
Association EQUILIBRE DES ENERGIES
PROMOTELEC



Bureau d'Etudes

CARDONNEL INGENIERIE

Centres Techniques

CETIAT - Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques

COSTIC - Centre d'études et de formations génie climatique et équipements techniques du bâtiment

Contrôle/Certification

EUROVENT CERTITA CERTIFICATION

Organisme National

BRGM - Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Production-Distribution d'Energie

EDF
ENGIE
GrDF

Organisations syndicales

CAPEB/UNA CPC - Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment

COCHEBAT - Syndicat national des fabricants de composants et de systèmes intégrés de chauffage, rafraîchissement et sanitaires

FGME - Fédération des Grossistes en Matériel Electrique

FNAS - Fédération nationale des Négociants en Appareils Sanitaires, Chauffage, Climatisation et Canalisations

SER - Syndicat des Energies Renouvelables

SNEFCCA - Syndicat National des Entreprises du froid, d'Équipements de cuisines professionnelles et du Conditionnement de l'Air

SYNASAV - Syndicat national de la maintenance et des services en efficacité énergétique

UECF/FFB - Union des Entreprises de Génie Climatique et Energétique de France

UNICLIMA - Syndicat des Industries Thermiques, Aérauliques et Frigorifiques

A propos de l'AFPAC

www.afpac.org

Créée en février 2002, l'Association Française pour les Pompes A Chaleur, association de filière exclusivement dédiée à la PAC, est l'interlocuteur privilégié des pouvoirs publics et de tous les acteurs du domaine des pompes à chaleur en France et en Europe, afin de faire valoir l'intérêt énergétique et environnemental des systèmes de production de chaleur par pompe à chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire), et la contribution actuelle et future qu'ils apportent au développement des énergies renouvelables.

En coordination avec ses membres – Energéticiens, Bureaux d'Etudes, Centres d'Essais, Centres Techniques, de contrôle et certification, Industriels-fabricants, Distributeurs, Installateurs, Associations, Organisations syndicales -, l'AFPAC suit et contribue aux travaux réglementaires, de normalisation, de qualification et de certification, françaises et européennes, sur les pompes à chaleur et les systèmes les utilisant. L'AFPAC s'assure à l'échelle européenne de la présence et de la cohérence de la représentativité des acteurs de la filière PAC en France. A ce titre l'AFPAC est l'interlocuteur privilégié de l'EHPA.

Par son expertise et sa représentativité, l'AFPAC crée, met en place et active les conditions nécessaires à la promotion des PAC, à la qualité de leur mise en œuvre et à la satisfaction de leurs utilisateurs.

Préface du Président

Dans le cadre de la mise en œuvre de la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte, nous retenons entre autre quatre chantiers identifiés par Madame Ségolène ROYAL, ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie :



- **La rénovation thermique des bâtiments**, en gardant en point de mire l'objectif de 500.000 rénovations de logements par an d'ici à 2017;
- **Les énergies renouvelables et les économies d'énergie**, en s'appuyant en priorité sur les entreprises françaises du secteur afin d'augmenter la part des EnR dans le mix énergétique ;
- **La mobilité verte**, en intensifiant le déploiement de solutions de transport durables, notamment des bornes de recharge pour les véhicules électriques ;
- **L'économie circulaire**, en valorisant les déchets et en les transformant en ressources afin « d'apporter une valeur ajoutée pour faire de la France une des premières puissances écologiques d'Europe ».

Au regard de ces chantiers, la pompe à chaleur s'inscrit déjà sans ambiguïté dans la thématique des énergies renouvelables et des économies d'énergie.

L'AFPAC engage une réflexion sur le positionnement de la pompe à chaleur comme acteur de l'économie circulaire, en participant au cercle vertueux qui permet de lutter contre le réchauffement climatique.

Ne dégradons plus d'énergie primaire pour produire de la chaleur qui se dissipe dans l'atmosphère!
Utilisons celle qui s'y trouve déjà, pour la transférer à l'intérieur des bâtiments afin d'en assurer le confort thermique.

En activant ce cercle vertueux, la pompe à chaleur devient un acteur majeur de l'économie circulaire.
La pompe à chaleur est le seul « générateur de chaleur » qui peut s'en prévaloir.

Thierry NILLE
Président de l'AFPAC
*Association Française
pour les Pompes à Chaleur*

Sommaire

Introduction	9
La pompe à chaleur acteur de l'économie circulaire	11
1. Considération sur l'économie circulaire	13
1.1. Le constat : un mode de consommation préoccupant	13
1.2. La notion d'économie circulaire	15
1.3. Les enjeux et concepts sous-jacents	17
2. Le principe de la pompe à chaleur	19
2.1. Approche théorique globale	19
2.2. La multiplicité de la récupération de chaleur sur le milieu extérieur	21
2.3. Les bénéfices de la pompe à chaleur	23
3. La place de la pompe à chaleur dans l'économie circulaire	24
3.1. « Système économique d'échange et de production »	25
3.2. « Cycle de vie des produits »	26
3.3. « Augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources »	29
3.4. « Diminuer l'impact sur l'environnement »	31
3.5. « Le bien-être des individus »	32
Conclusion	33
Des exemples de déchets caloriques déjà valorisés en ressources par une pompe à chaleur	35
1. La pompe à chaleur sur eaux grises	35
2. Le chauffe-eau thermodynamique sur air extrait	36
3. Pompe à chaleur terminale eau-air raccordée à une boucle d'eau du bâtiment	37
4. DRV (systèmes à débit de réfrigérant variable)	39

Introduction

Nommée ministre de l'écologie, du développement durable et de l'énergie au sein du gouvernement Valls en avril 2014, Madame Ségolène ROYAL fixa, peu de temps après, ses « quatre grands chantiers » devant l'Assemblée Nationale. A ce titre, Madame la Ministre réaffirma que le dossier de la « transition énergétique » était « une des priorités » du gouvernement, suivant la feuille de route fixée par Monsieur le Président de la République François Hollande « lors des deux conférences environnementales » et par le Premier Ministre Monsieur Manuel Valls lors de sa déclaration de politique général. Désormais baptisé « loi sur la transition énergétique pour la croissance verte », ce texte vise notamment à réduire la facture énergétique française, à appuyer le développement des énergies renouvelables, à mettre en place une véritable mobilité verte et à valoriser l'économie circulaire. Adoptée à l'Assemblée Nationale et publiée au journal officiel le 18 août 2015, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte a pour objectif de faire émerger des activités génératrices d'emplois « verts » (100 000 sur trois ans), de faire baisser la facture énergétique de la France (70 milliards par an) et de lutter efficacement contre les émissions de gaz à effet de serre.

Le chantier de la rénovation thermique des bâtiments se pare de l'objectif de 500 000 rénovations de logements par an d'ici 2017. Certaines sont rendues obligatoires via les entreprises de BTP pour certains travaux imposants. Afin de faire preuve d'exemplarité, l'Etat lui-même s'est engagé à rénover d'ici 2020 l'ensemble de ses bâtiments, ce qui représente environ 50 millions de mètres carrés. Le particulier disposera de carnets de santé numériques du logement afin de faciliter les futures rénovations thermiques dont il sera, par ailleurs, impossible qu'un élu en interdise le déroulement. Une assistance technique et financière sera disponible.

Le chantier des économies d'énergie et du soutien aux énergies renouvelables poursuit l'objectif de diviser par deux la consommation totale d'énergie de la France d'ici à 2050 tout en la convertissant aux sources propres. Le compteur intelligent Linky d'ERDF sera implanté dans tous les foyers particuliers d'ici 2020, permettant une optimisation de l'efficacité énergétique de l'ensemble du réseau. Parallèlement aux économies, en ce qui concerne la production d'électricité, les énergies renouvelables sont sollicitées puisqu'en 2025, seulement 50% de notre énergie sera tirée du nucléaire et en 2030, seulement 30% tirée des énergies fossiles. A l'horizon 2030, ce ne seront pas moins de 32% des énergies produites qui seront renouvelables et ainsi, le mix énergétique sera plus équilibré.

En complément de l'électricité renouvelable, la chaleur renouvelable apportera également sa contribution. La pompe à chaleur y figurera en bonne place.

Le chantier de la mobilité verte, c'est-à-dire le transport de personnes/marchandises en minimisant l'impact sur la planète, se voit doté de mesures favorisant notamment l'usage de la voiture électrique et son déploiement. Des plans de mobilité obligatoires pour les entreprises dépassant les cent salariés et étant situées dans un territoire couvert par un plan de déplacements urbains sont également prévus.

Le chantier de l'économie circulaire englobe les problématiques liées à la valorisation de nos propres déchets dans l'optique de les transformer en ressources. Le projet de loi ajuste ainsi le cadre juridique français concernant les déchets ultimes, c'est-à-dire les déchets qui n'ont pu être recyclés ou valorisés après tri, qui désormais feront l'objet d'un traitement pour être transformés en combustible alternatif ou combustible solide de récupération (CSR) plutôt que d'être enfouis. La réduction de la masse de déchets produits fait aussi l'objet de l'attention du pouvoir législatif puisque l'Assemblée Nationale a voté l'interdiction de la vaisselle jetable et l'interdiction de tous les sacs plastiques.

Parmi ces quatre grands chantiers au premier abord distincts, la pompe à chaleur est à la jonction de deux d'entre eux. En effet, en premier lieu, selon le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, « les énergies renouvelables sont des énergies primaires inépuisables à très long terme, car issues directement de phénomènes naturels, réguliers ou constants, liés à l'énergie du soleil, de la terre ou de la gravitation ».

De facto, la pompe à chaleur, de par son principe de fonctionnement, appartient au domaine des énergies renouvelables.

En second lieu, la pompe à chaleur valorise nos propres déchets, à savoir l'énergie non utilisée et perdue, en la captant et en relevant son niveau de température afin d'alimenter des installations de chauffage ou produire de l'eau chaude sanitaire (*).

C'est sur ces points que nous allons axer notre raisonnement.

() : Extrait de l'alinéa VII de l'article 1er du titre 1er de la Loi de Transition énergétique pour la Croissance Verte : « Les équipements de récupération de chaleur in situ sont pris en compte comme des équipements de production d'énergie renouvelable dans l'ensemble des textes relatifs à la construction et à l'urbanisme, en particulier dans les réglementations thermiques du bâtiment. »*

La pompe à chaleur acteur de l'économie circulaire



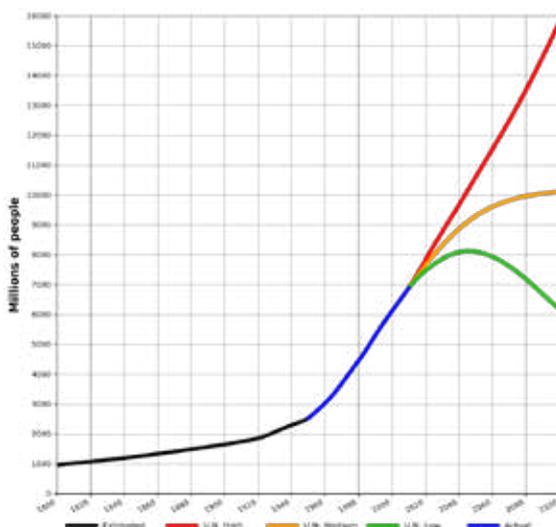
1

Considérations sur l'économie circulaire

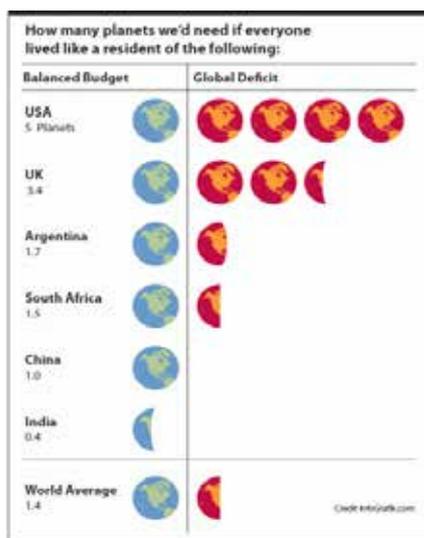
1.1 Le constat : un mode de consommation préoccupant

En moins d'un siècle, la population mondiale est passée de deux à sept milliards d'habitants, les projections de population réalisées par les Nations Unis à l'horizon 2100 tablent sur une estimation médiane de onze milliards d'individus, mais sur une estimation haute de plus de seize milliards. Or, les modes de consommation diffèrent entre les nations de manière trop inégale. Les populations des pays en développement calquent leurs modes de vie sur les pays développés, bien trop souvent abusifs.

Pour illustrer ceci, prenons le café et le cacao qui connaissent une spectaculaire envolée des prix depuis près d'une décennie. Cela est dû à une demande toujours plus grande des pays émergents et à une offre qui n'en suit pas le rythme. Dans l'ordre actuel des choses, une première pénurie de café/cacao est à prévoir à l'horizon 2020. L'ONG Global Footprint Network a dénoté que le mode de vie des américains possède une telle empreinte écologique sur la planète que si l'ensemble de la population mondiale consommait comme eux, il faudrait l'équivalent de cinq planètes Terre pour subvenir à nos besoins, ce que nous n'avons évidemment pas à ce jour. Nous sommes face à une situation critique où il faut plus que jamais réfléchir sur le caractère durable de notre consommation.



World Population Prospects, United Nations, 2013



Who Uses What, Global Footprint Network, 2009

De surcroît, ce mode de consommation est défini selon le schéma dit d' « économie linéaire » :

Extraire → Produire → Consommer → Jeter

A long terme, les ressources ne sont pas inépuisables. Pourtant, paradoxalement, la tendance actuelle est de l'ordre de l'accroissement de la pression sur les ressources naturelles et, par voie de conséquence, sur l'environnement. Cette perpétuelle recherche de la production avantageuse détériore significativement notre société (augmentation du chômage), notre santé (épuisement professionnel) et l'environnement (changement climatique, perte de la biodiversité etc.).

Rappelons que le « **jour du dépassement** », représentant la date où l'humanité a épuisé le budget écologique annuel de la planète ne cesse d'avancer, **passant du 7 Décembre en 1990 au 14 Août en 2015**. Notre consommation excède ce que la nature peut générer en un an, et ce depuis 1986.

L'Humanité vit d'ores et déjà à crédit

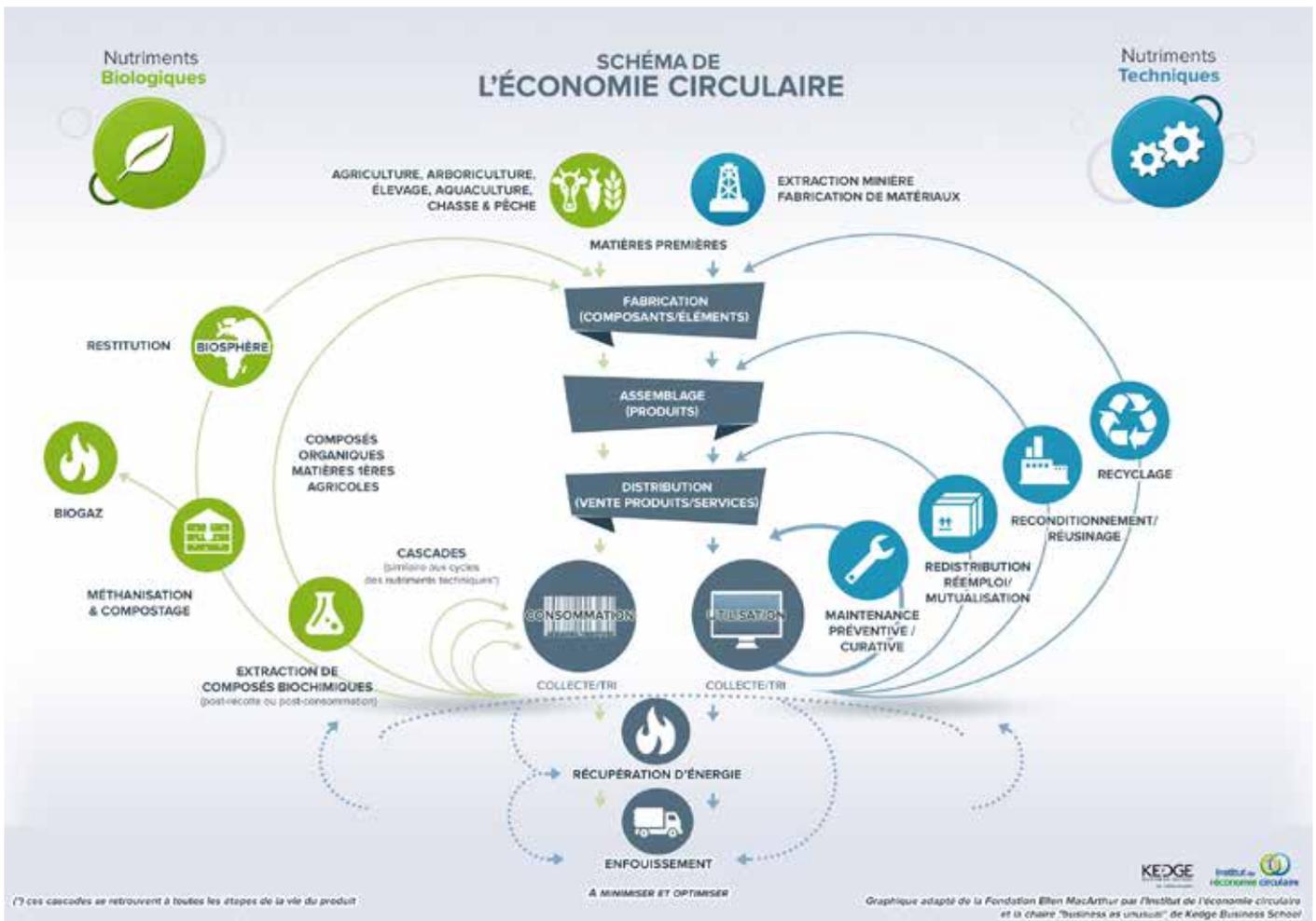
1.2 La notion d'économie circulaire

Par opposition à l'économie linéaire apparaît l'économie dite circulaire. Concept en cours de formalisation, l'économie circulaire offre des perspectives d'une société équilibrée, viable et durable. L'intérêt pour ce type d'économie a été récemment souligné lors de la Conférence Environnementale des 20 et 21 septembre 2013 organisée par le Gouvernement français. Ce modèle économique est basé sur une utilisation efficace des ressources et sur la notion de boucles ; l'économie circulaire se veut également partenariale et collaborative. Selon l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), il n'existe pas de définition normalisée ; pour autant, l'ADEME propose une définition de l'économie circulaire :

« Système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en permettant le bien-être des individus ».

En utilisant le rapport du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) *Decoupling natural resources use and environmental impacts from economic growth* (2011), l'ADEME mentionne que **« l'économie circulaire vise globalement à diminuer drastiquement le gaspillage des ressources, notamment les matières premières et l'énergie, afin de découpler la consommation des ressources de la croissance du PIB, tout en assurant la baisse des impacts environnementaux et en préservant ou développant l'emploi. Il s'agit de faire plus et mieux avec moins ».**

Illustrons l'économie circulaire :



Graphique adapté de la fondation Ellen MacArthur par l'Institut de l'Economie Circulaire et la chaire « business as unusual » de KBS, 2013.

1.3 Les enjeux et concepts sous-jacents

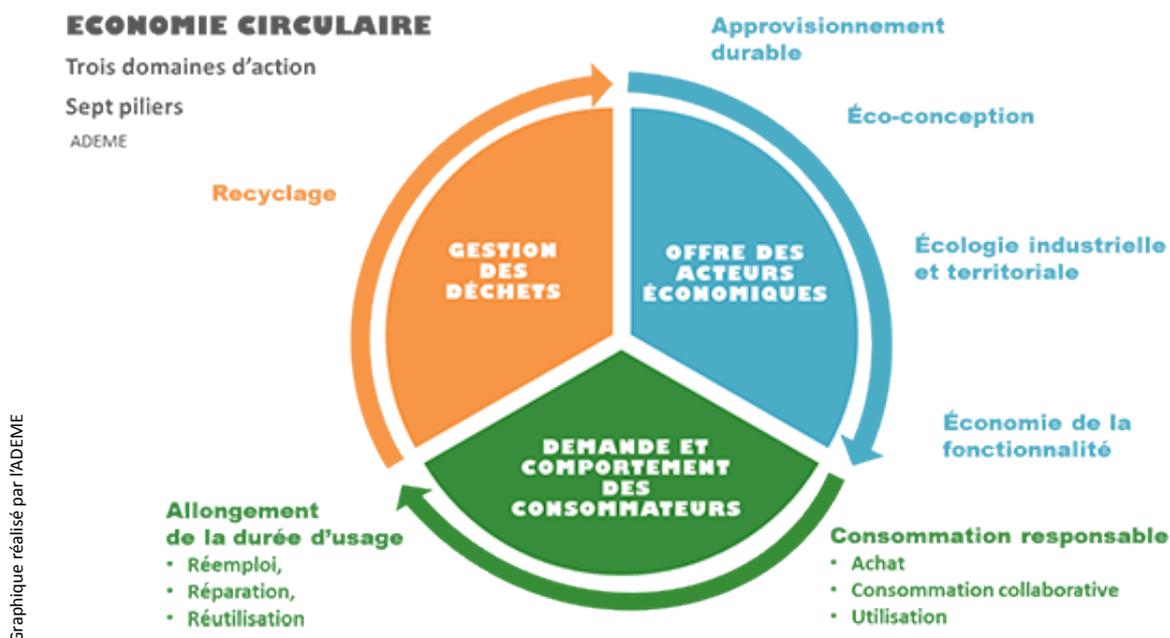
L'économie circulaire s'appréhende comme une illustration opérationnelle et mobilisatrice du développement durable. Elle doit permettre de réduire l'extraction des ressources en valeur absolue, mais ne se résume pas au recyclage puisque c'est une vision systémique des flux de matières et d'énergie qui est proposée. Selon l'Institut de l'Economie Circulaire, de nombreuses opportunités d'économies, de création d'activités et d'emplois sont à prévoir.

L'ADEME distingue alors trois champs d'application desquels découlent sept piliers de l'économie circulaire :

- **La production et l'offre de biens et de services** : c'est le recours à un approvisionnement durable en ressources, à l'éco-conception, au développement de l'écologie industrielle et territoriale et à la mise en place de l'économie de la fonctionnalité ;
- **La consommation au travers de la demande et du comportement du consommateur** : ce champ inclut la consommation responsable (achat, collaboration, utilisation) ainsi que l'allongement de la durée d'usage (réemploi, réparation, réutilisation) ;
- **La gestion des déchets avec le recours prioritaire au recyclage qui permet de boucler le tout** : cela concerne le recyclage et, si besoin, la valorisation énergétique.

Le tout forme un cycle où chaque champ en entraîne un autre.

Illustrons ces champs d'application :



- **Approvisionnement durable :** Il concerne le mode d'exploitation/extraction des ressources visant une exploitation efficace des ressources en limitant les rejets d'exploitation et en limitant l'impact sur l'environnement, notamment dans l'exploitation des matières énergétiques et minérales (mines et carrières) ou dans l'exploitation agricole et forestière tant pour les matières/énergies renouvelables que non renouvelables ;
- **Eco-conception :** Vise, dès la conception d'un procédé, d'un bien ou d'un service, à prendre en compte l'ensemble du cycle de vie en minimisant les impacts environnementaux ;
- **Écologie industrielle et territoriale :** Dénommée aussi symbiose industrielle, elle constitue un mode d'organisation interentreprises par des échanges de flux ou une mutualisation de besoins ;
- **Économie de la fonctionnalité :** privilégie l'usage à la possession et tend à vendre des services liés aux produits plutôt que les produits eux-mêmes ;
- **Consommation responsable :** doit conduire l'acheteur, qu'il soit acteur économique (privé ou public) ou citoyen consommateur, à effectuer son choix en prenant en compte les impacts environnementaux à toutes les étapes du cycle de vie du produit (biens ou service) ;
- **Allongement de la durée d'usage :** par le consommateur conduit au recours à la réparation, à la vente ou don d'occasion, ou à l'achat d'occasion dans le cadre du réemploi ou de la réutilisation ;
- **Recyclage :** vise à utiliser les matières premières issues de déchets.

2

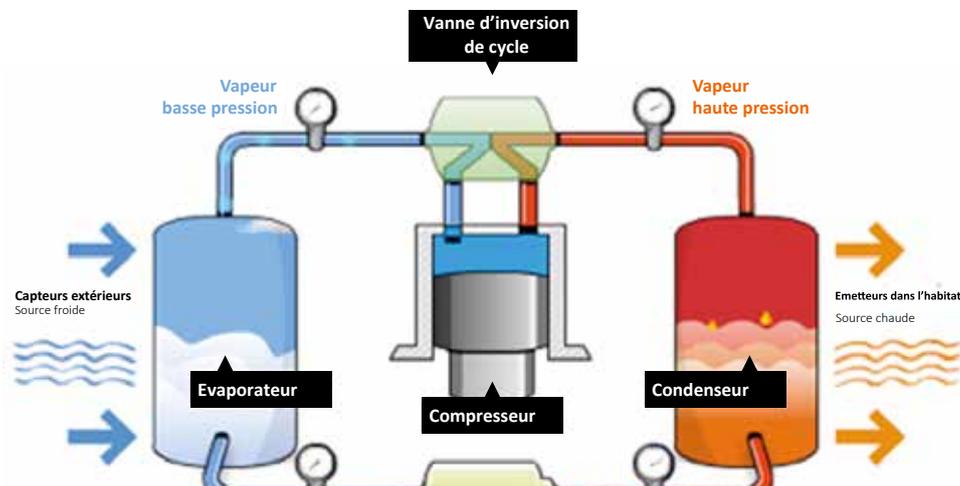
Le principe de la pompe à chaleur

2.1 Approche théorique globale

La Pompe à Chaleur (abrégée PAC) est un dispositif permettant de prélever une quantité de chaleur d'un milieu et de l'amener à un niveau de température plus élevé dans un autre milieu. Pour ce faire, les calories présentes dans l'air, le sol et l'eau souterraine sont une énergie renouvelable, gratuite et infinie.

Une pompe à chaleur se compose de quatre éléments principaux :

- **Un compresseur** : Le compresseur aspire un fluide frigorigène qui se trouve sous forme de gaz à basse température. Durant cette compression, la température du gaz s'élève en même temps que sa pression. A la sortie du compresseur, le gaz est donc chaud et à pression élevée.
- **Un condenseur** : Ce gaz chaud est dirigé vers un échangeur appelé condenseur dans lequel circule un fluide à réchauffer. Le gaz va transmettre une partie de son énergie au fluide à chauffer dont la température va augmenter. Ce faisant, le gaz frigorigène condense, c'est-à-dire qu'il passe de l'état gazeux à l'état liquide.
- **Un détendeur** : Le gaz frigorigène à l'état liquide et sous haute pression est détendu au sein du détendeur. La pression va chuter abaissant ainsi la température du frigorigène qui reste à l'état liquide. A la sortie du détendeur, la température du gaz frigorigène beaucoup plus basse est inférieure à la température de la source de récupération.
- **Un évaporateur** : Devenu froid et liquide, le gaz frigorigène traverse l'évaporateur dans lequel circule le fluide extérieur (air, eau, sol) plus chaud que le gaz frigorigène. Ce dernier récupère alors l'énergie (les calories) de ce fluide extérieur. Il entre en ébullition et se transforme en gaz (ébullition). Le gaz ainsi formé est ensuite aspiré par le compresseur pour un nouveau cycle.



Source <http://www.afpac.org/>

Le système de la pompe à chaleur est réversible et permet également le rafraîchissement.

Les pompes à chaleur sont décrites par le rapport entre la puissance thermique de la machine et sa consommation électrique. On lui donne par convention le nom de coefficient de performance, dit couramment COP. Le COP est le nombre de kilowattheure (kWh) produit pour 1 kWh consommé.

Ainsi, une pompe à chaleur ayant un COP égal à 3, produit 3 kWh de chaleur par kWh consommé, soit 2 kWh d'énergie renouvelable gratuite. Pour la même puissance de chauffe une pompe à chaleur de COP 4 restitue deux fois plus d'énergie qu'une pompe à chaleur de COP 2 pour le même kWh consommé.

Le COP de toute pompe à chaleur augmente avec l'augmentation de la température de la « source froide»* et diminue avec celle de la « source chaude»*.

Il peut atteindre 6 à 7 en été pour de l'eau de piscine (air à 25 °C pour de l'eau à 28 °C), mais peut être inférieur à 3 en hiver (les valeurs normalisées communiquées par les fabricants sont données pour un air à +7 °C extérieur et de l'eau de chauffage à 35 °C).

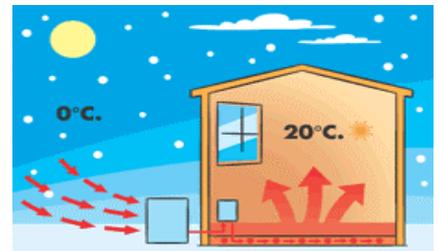
Le COP n'a de signification que selon les températures de source froide et de source chaude données. Il est toujours supérieur à 1, même pour les très basses températures extérieures (< -15°C).

** source froide : milieu dans lequel la pompe à chaleur prélève les calories gratuites et disponibles en permanence
source chaude : milieu dans lequel la pompe à chaleur restitue les calories prélevées dans la source froide après en avoir relevé le niveau de température.*

2.2 La multiplicité de la récupération de chaleur sur le milieu extérieur

La récupération de la chaleur dans l'air extérieur :

La chaleur prélevée dans l'air extérieur est transférée par la pompe à chaleur dans l'air ambiant du logement ou dans le circuit d'eau chaude de l'installation de chauffage. Suivant les modèles, la pompe à chaleur peut être installée à l'intérieur ou à l'extérieur du logement.



La récupération de la chaleur dans l'eau :

La chaleur est prélevée dans une nappe phréatique, un lac, une réserve d'eau ou encore un cours d'eau. Cette chaleur est ensuite transférée par la pompe à chaleur au circuit d'eau chaude de l'installation de chauffage. La pompe à chaleur s'installe généralement à l'intérieur du logement (cave, buanderie, garage). Très performant, cet appareil peut chauffer l'ensemble du logement. Il est important de noter que l'exploitation des eaux est soumise à une réglementation spécifique.



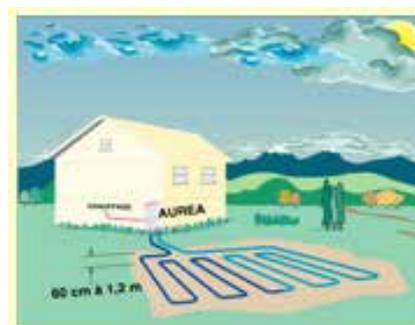
La récupération de la chaleur dans le sol :

La chaleur est prélevée dans le sol à l'aide :

- D'un réseau de tubes déroulés à faible profondeur (de 0,6 m à 1,2 m) dans le sol si la surface du terrain est suffisante, c'est-à-dire une surface de terrain disponible d'environ 1,5 fois la surface à chauffer.

Sur cette surface de terrain, aucune plantation avec des racines profondes ne pourra être réalisée.

- De sondes verticales qui peuvent atteindre des profondeurs d'environ 100 m.



Les appellations PAC air/air* désignent une PAC aérothermique dont le mode de distribution est l'air.

Les appellations PAC air/eau* désignent une PAC aérothermique dont le mode de distribution est l'eau.

Les appellations PAC sol/eau*, eau/eau*, eau glycolée/eau désignent les PAC géothermiques dont le mode de distribution est l'eau.

Les appellations PAC eau/air*, eau glycolée/air* désignent les PAC géothermique dont le mode de distribution est l'air (par extension les PAC eau/air désignent aussi des PAC raccordées sur une boucle d'eau tempérée dont le mode de distribution est l'air)

** Le premier terme désigne l'origine du prélèvement, le second le mode de distribution de la chaleur.*

2.3 Les bénéfices de la pompe à chaleur

CONSTAT

SOLUTION

Chaque jour, de l'énergie naturelle (soleil, vent, précipitations etc.) est stockée dans notre environnement, de manière infinie et sans être utilisée.

La pompe à chaleur récupère cette énergie gratuite, inépuisable et la valorise dans des installations de chauffage/rafraîchissement..

En France, le secteur du bâtiment représente le 2ème poste émetteur de CO2 et le plus gros consommateur d'énergie. En découle des pics de demande.

La pompe à chaleur réduit considérablement l'énergie consommée pour se chauffer et libère de la puissance pour les usages spécifiques (ordinateurs etc.).

Le recours aux énergies fossiles est limité dans le temps par épuisement des ressources.

La pompe à chaleur a recours aux énergies inépuisables et recyclables. Elle consomme de l'électricité pour son fonctionnement qui peut être produite de manière renouvelable (panneaux solaires etc.).

Le recours aux énergies fossiles affecte par ailleurs notre écosystème et notre santé en polluant fortement par génération de CO2 et autres (Nox et SO2 notamment).

La pompe à chaleur limite le recours aux énergies traditionnelles. 1kWh produit par une PAC est 4 fois moins polluant que son condisciple produit par une chaudière combustible.

Se chauffer/rafraîchir est une source de dépenses de plus en plus élevée pour les logements individuels et collectifs, les collectivités et les entreprises.

La pompe à chaleur restitue 3 à 4 fois plus que l'énergie consommée. Pour 100% des besoins en chauffage, seulement 30% proviennent de l'énergie consommée et 70% sont puisés dans l'environnement. Autant en moins sur la facture.

3

La place de la pompe à chaleur dans l'économie circulaire

Selon le cahier [La Recherche](#), « penser économie circulaire, c'est raisonner en flux de matière ».

Or, l'énergie, les calories, est ce flux illimité de matière, recyclable, renouvelable qui produit toujours autant de chaleur grâce à la pompe à chaleur. Raisonons sur ce flux de matière initiale, les calories, pour penser l'économie circulaire.

Reprenons la définition de l'économie circulaire de l'ADEME afin de vérifier si la pompe à chaleur répond aux critères...

Démonstration en 5 points :

1

« **Système économique d'échange et de production** qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en permettant le bien-être des individus ».

2

« Système économique d'échange et de production qui, à **tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services)**, vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en permettant le bien-être des individus ».

3

« Système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à **augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources** et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en permettant le bien-être des individus ».

4

« Système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à **diminuer l'impact sur l'environnement** tout en permettant le bien-être des individus ».

5

« Système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en **permettant le bien-être des individus** ».

3.1 « Système économique d'échange et de production »

La pompe à chaleur s'apparente-elle à un système économique d'échange et de production ?

« Système économique d'échange et de production » : « **Ensemble de tâches organisées au sein d'un processus qui consiste en la production, la distribution, l'échange et la consommation de biens et de services.** ».

« Ensemble de tâches organisées

La pompe à chaleur correspond à un cycle thermodynamique (ensemble) composé de quatre phases animées par quatre éléments principaux que sont le compresseur, le condenseur, le détendeur et l'évaporateur (tâches organisées).

au sein d'un processus

Le processus de **la pompe à chaleur** consiste à prélever une quantité de chaleur d'un milieu et de l'amener à un niveau de température plus élevé dans un autre milieu.

qui consiste en la production,

La pompe à chaleur produit un travail, un effort d'amener de l'énergie à un niveau de chaleur supérieur.

la distribution,

La pompe à chaleur répartit la chaleur à un niveau de température plus élevé, en fonction des besoins, dans les résidences.

l'échange

La pompe à chaleur donne (diffuse) de la chaleur à un niveau de température élevé à l'intérieur et reçoit (capte) de la chaleur à un niveau de température faible à l'extérieur.

et la consommation de biens
et de services. »

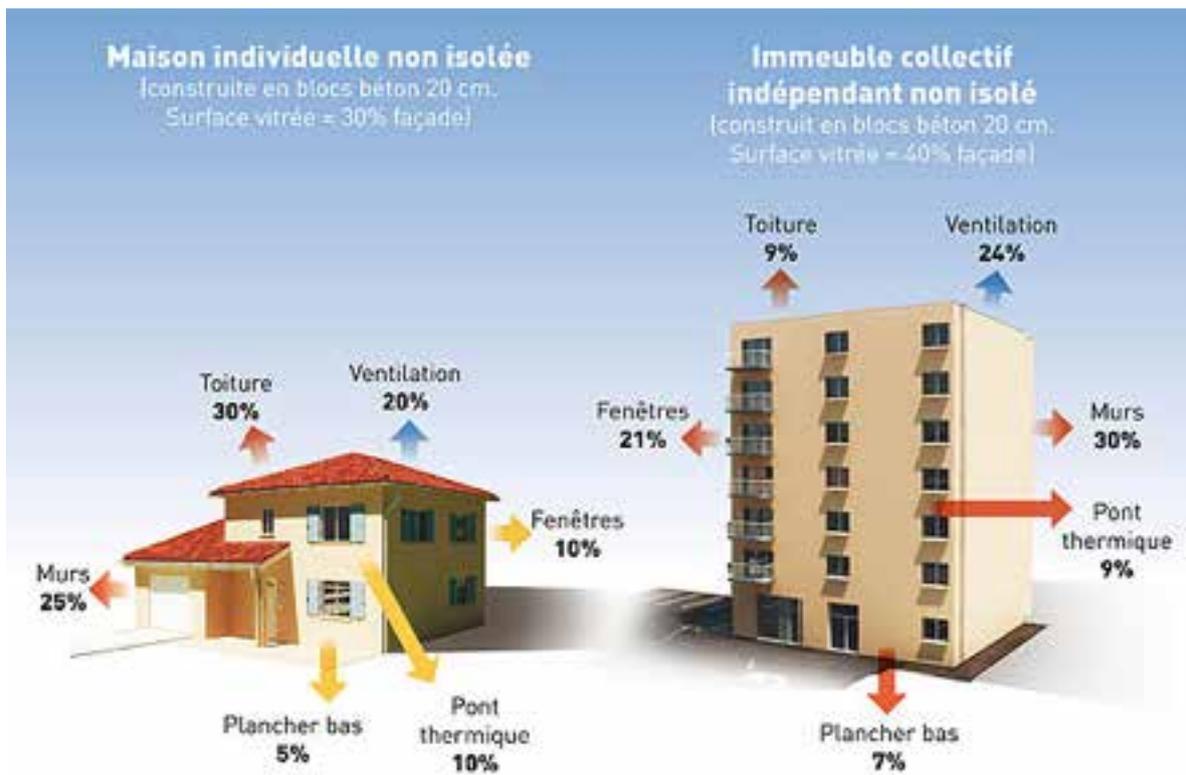
La pompe à chaleur consomme de l'électricité pour pouvoir faire fonctionner son processus.

**La pompe à chaleur est donc comparable
à un système économique d'échange et de production**

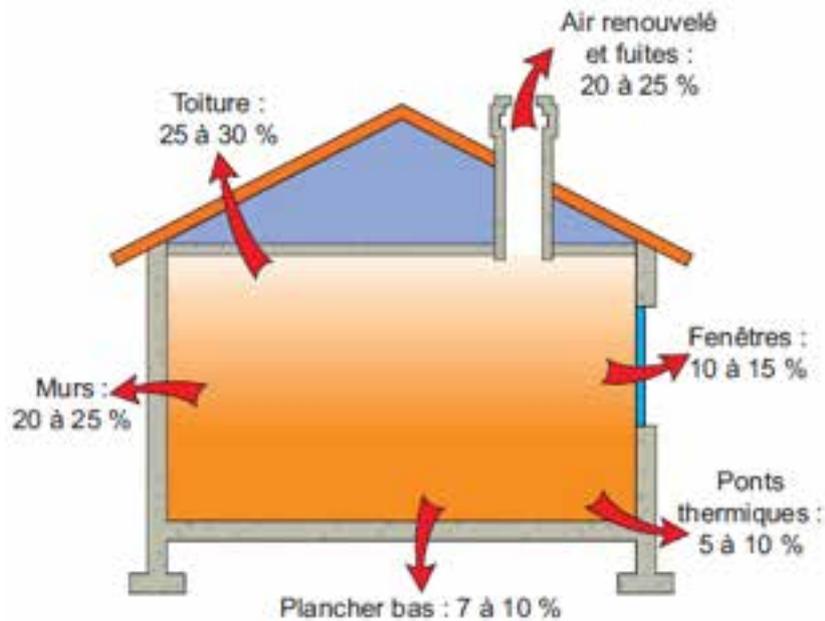
3.2 « Cycle de vie des produits »

La pompe à chaleur est un cycle court et illimité. Raisonons sur les calories en tant que produits. En effet, par l'action de la pompe à chaleur, les calories présentes dans les environnements proches sont amenées à un niveau de température plus élevé afin de pouvoir chauffer les installations et obtenir de l'eau chaude sanitaire de manière constante.

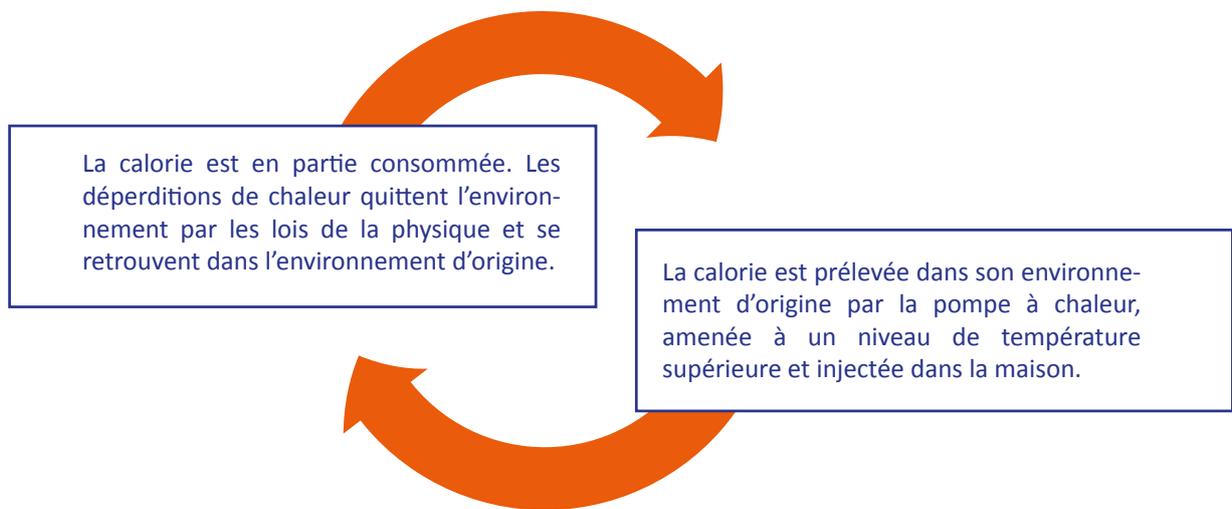
Ces mêmes calories respectent le transfert thermique global comme formulé par la loi de refroidissement de Newton par convection et conduction ; il y a déplacement de chaleur et donc perte de chaleur.



Pertes de chaleur en fonction des parties de l'habitat



Les calories s'échappent du milieu chauffé, on parle de déperditions, et se fondent directement dans l'environnement proche. C'est bien sûr l'environnement d'origine celui-là même d'où ont été prélevées ces calories. Nous avons un cycle infini et extrêmement court. Le produit « calorie » est donc issu de l'environnement proche, transformé dans l'environnement et consommé aussitôt dans celui-ci. Les déperditions et autres déchets caloriques non consommés repartent de l'environnement à l'environnement proche par les lois de la physique, dans le milieu de départ.



**La pompe à chaleur met en place un cycle de vie
des produits**

3.3 « Augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources »

Un constat se pose : la chaleur qui naturellement quitte les bâtiments suivant les lois de la physique et que l'on baptise « déperditions » (perte de chaleur) n'est-elle pas plutôt un déchet ?

Une définition courte du « déchet » peut être la suivante selon le DÉCHOIR, Dictionnaire Historique de la langue française, sous la direction d'Alain Rey, Le Robert.

« La quantité perdue dans l'usage d'un produit, ce qui en reste après son utilisation »

Or, après l'usage des calories prélevées via la pompe à chaleur et dont la température a été élevée par ce dispositif dans le but de chauffer son habitation, on assiste à une quantité phénoménale d'énergie perdue : les déperditions thermiques. Elles trouvent leur explication aussi bien dans une mauvaise isolation que dans la surconsommation énergétique. Ces déperditions thermiques sont des calories qui s'échappent de l'habitation – via conduction et convection – avant même que l'on n'ait pu les consommer et sont donc perdues lors du chauffage. Il apparaît donc évident que ce que l'on nomme déperdition est un déchet !

La pompe à chaleur réutilise donc une partie de ces déchets. En effet, lorsque les calories quittent l'habitat et retournent à la nature par convection et conduction, une partie de ces calories – ayant perdu leur propriété de haute chaleur du fait des lois physiques – sera de nouveau prélevée. Ainsi les technologies d'aérothermie, de géothermie et d'hydrothermie valorisent l'utilisation des déchets en produisant la même élévation de chaleur à certaines de ces mêmes calories.

Bien que ces déchets ne soient pas polluants au sens strict du terme, ils participent au réchauffement climatique quand la chaleur d'un bâtiment migre vers l'extérieur. Le fait d'isoler au maximum son habitation pour éviter les pertes thermiques et ainsi diminuer le besoin de chauffage/climatisation sera de bon augure afin de permettre l'utilisation optimale de la pompe à chaleur et donc user d'une efficacité maximale de l'utilisation des ressources.

Démonstration par syllogisme que les déperditions sont des déchets:

Prémisse Majeure :

Les quantités perdues dans l'usage d'un produit sont des déchets (DECHOIR)

Prémisse Mineure :

Or, toutes les déperditions (thermiques) sont des quantités (d'énergie) perdues dans l'usage d'un produit (calories, pompe à chaleur) (*3ème partie / 2. « Cycle de vie des produits »*)

Conclusion :

**Donc, les déperditions thermiques sont des déchets.
La pompe à chaleur valorise les déchets de sa boucle et
en fait des ressources !**



**La pompe à chaleur
augmente l'efficacité de l'utilisation des ressources**

3.4 « Diminuer l'impact sur l'environnement »

Une fois de plus, la pompe à chaleur remplit les objectifs fixés. Effectivement, la pompe à chaleur diminue l'impact sur l'environnement :

- La pompe à chaleur utilise l'électricité qui en France, est une énergie décarbonée, qui sera de plus en plus produite à partir de photovoltaïque et d'éolien, donc à partir d'énergie renouvelable
- La pompe à chaleur est une alternative au chauffage traditionnel dont les émissions carboniques pour la planète sont beaucoup plus élevées.
- La pompe à chaleur récupère beaucoup plus d'énergie qu'elle n'en consomme, cela limite sensiblement les émissions de gaz à effet de serre
- La durée d'usage d'un matériel correctement installé et maintenu est d'une vingtaine années,
- La grande majorité des pièces de la pompe à chaleur sont recyclables, les fluides frigorigènes qui évoluent vers des bas GWP doivent être récupérés

Ainsi, les incidences environnementales que pourrait avoir la pompe à chaleur sont très restreintes.



**La pompe à chaleur
diminue son impact sur l'environnement**

3.5 « Le bien-être des individus »

Les individus sont visés par quatre critères auxquels répond la pompe à chaleur :

- **Confort de la personne** : la pompe à chaleur est la réponse à un besoin de chauffage sans consommation d'énergie fossile.
- **Consommation d'énergie** : comme vu précédemment, la pompe à chaleur consomme bien moins que tout système permettant de chauffer son habitation
- **Chauffage écologique** : la pompe à chaleur s'inscrit directement dans la nécessité d'un recours aux énergies renouvelables
- **Economie financière** : la pompe à chaleur permet des économies d'énergie qui se traduisent en économie financière par rapport à une installation classique. Matériel bien installé et correctement maintenu induisent une pérennité de l'installation et des performances dans le temps.

Pour aller plus loin dans l'autosuffisance, il serait possible d'allier une pompe à chaleur avec une production d'électricité renouvelable (photovoltaïque et éolien), et ainsi se trouver dans le cadre d'un habitat passif, c'est-à-dire où la consommation énergétique au mètre carré est très basse voire entièrement compensée par des apports énergétiques renouvelables.



**La pompe à chaleur
permet le bien-être des individus**

Conclusion

La pompe à chaleur

est comparable à un système d'échange et de production.

La pompe à chaleur

met en place un cycle de vie des produits.

La pompe à chaleur

augmente l'efficacité de l'utilisation des ressources.

La pompe à chaleur

diminue son impact sur l'environnement.

La pompe à chaleur

permet le bien-être des individus.



**La pompe à chaleur est un acteur majeur
de l'économie circulaire**

Des exemples

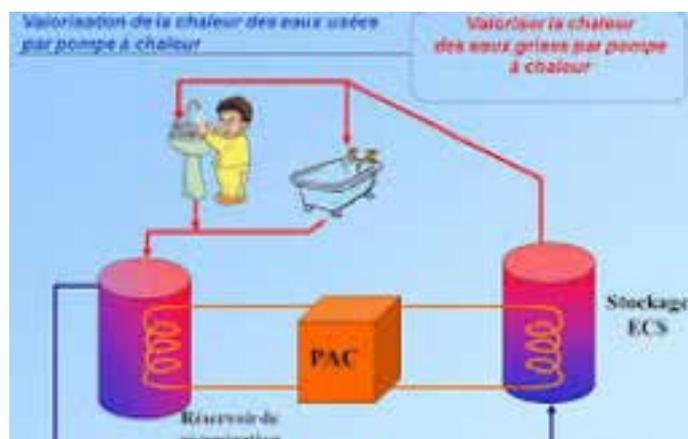
de « déchets » caloriques déjà valorisés en ressources par une pompe à chaleur

La pompe à chaleur sur eaux grises

1

Les récupérateurs de chaleur pour eaux grises sont des systèmes qui permettent de récupérer les calories sur les eaux usées afin de produire de l'eau chaude sanitaire.

Le but d'un tel système est de pouvoir récupérer les calories dans les eaux usées, majoritairement après les douches, puisque 85% des calories finissent à l'égout.



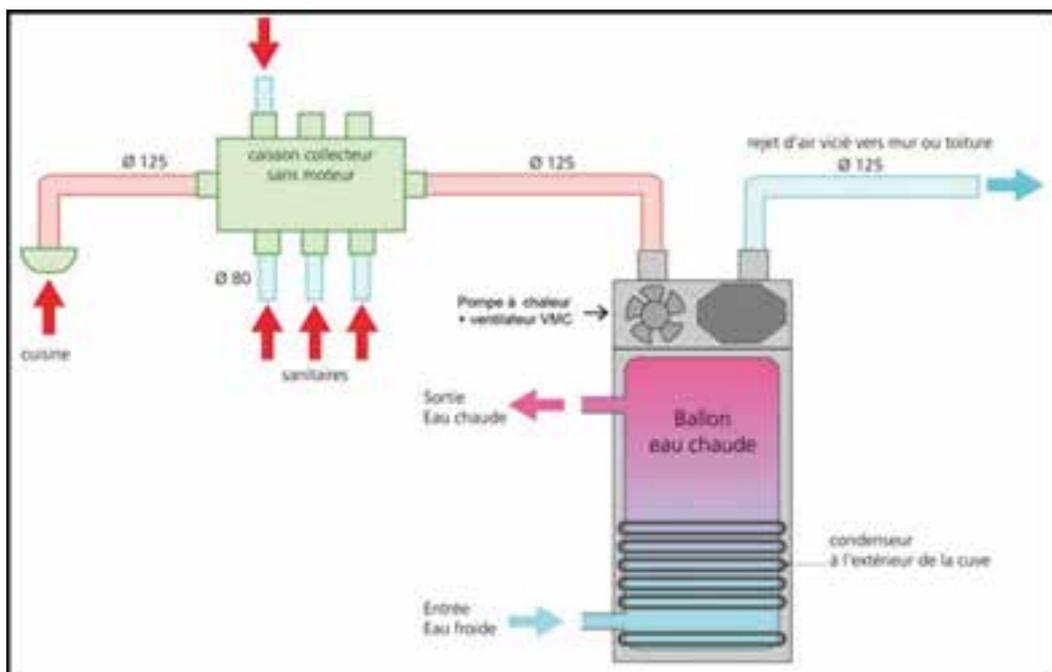
Il y a une valorisation du déchet « eau chaude sanitaire consommée par les habitants ». Celui-ci composé de chaleur récupérable, est utilisé et recyclé pour le confort des habitants afin de produire l'eau chaude sanitaire par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur.

Le chauffe-eau thermodynamique sur air extrait

2

Le chauffe-eau thermodynamique sur air extrait est un système combinant production d'eau chaude sanitaire et ventilation de l'habitat.

Le principe est de récupérer les calories présentes dans l'air extrait par la ventilation pour produire de l'eau chaude sanitaire de façon encore plus économique.



Principe de fonctionnement d'un chauffe-eau thermodynamique sur air extrait <http://www.radiateur-clim-ch>

Il y a une valorisation du déchet « air consommé par les habitants ». Celui-ci majoritairement composé de CO₂ et de chaleur, est utilisé et recyclé pour le confort des habitants afin de produire l'eau chaude sanitaire par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur.

Pompe à chaleur terminale eau-air raccordée à une boucle d'eau du bâtiment

3

La solution PAC réversible sur boucle d'eau répond aux défis de la transition énergétique.

Les PAC sur boucle d'eau (réseau tempéré) du bâtiment, couvrent en totalité les besoins de celui-ci en chauffage et en rafraîchissement.

Les PAC sur boucle d'eau sont individualisées par local et autonomes en fonctionnement. En mode rafraîchissement, elles transmettent à la boucle les calories et en mode chauffage, elles les absorbent. Elles transfèrent, via la boucle d'eau, l'énergie entre :

- les façades du bâtiment soumises à des apports solaires différents (Sud/Nord)
- les bureaux à charges thermiques différentes selon leurs occupations
- les locaux techniques tels que les salles informatiques, les cuisines, le local compresseur ou de l'ascenseur,...

En fonction des besoins totaux du bâtiment, la boucle d'eau s'auto-équilibre ou stocke l'énergie sur un ou plusieurs jours sans appoints externes supplémentaires.

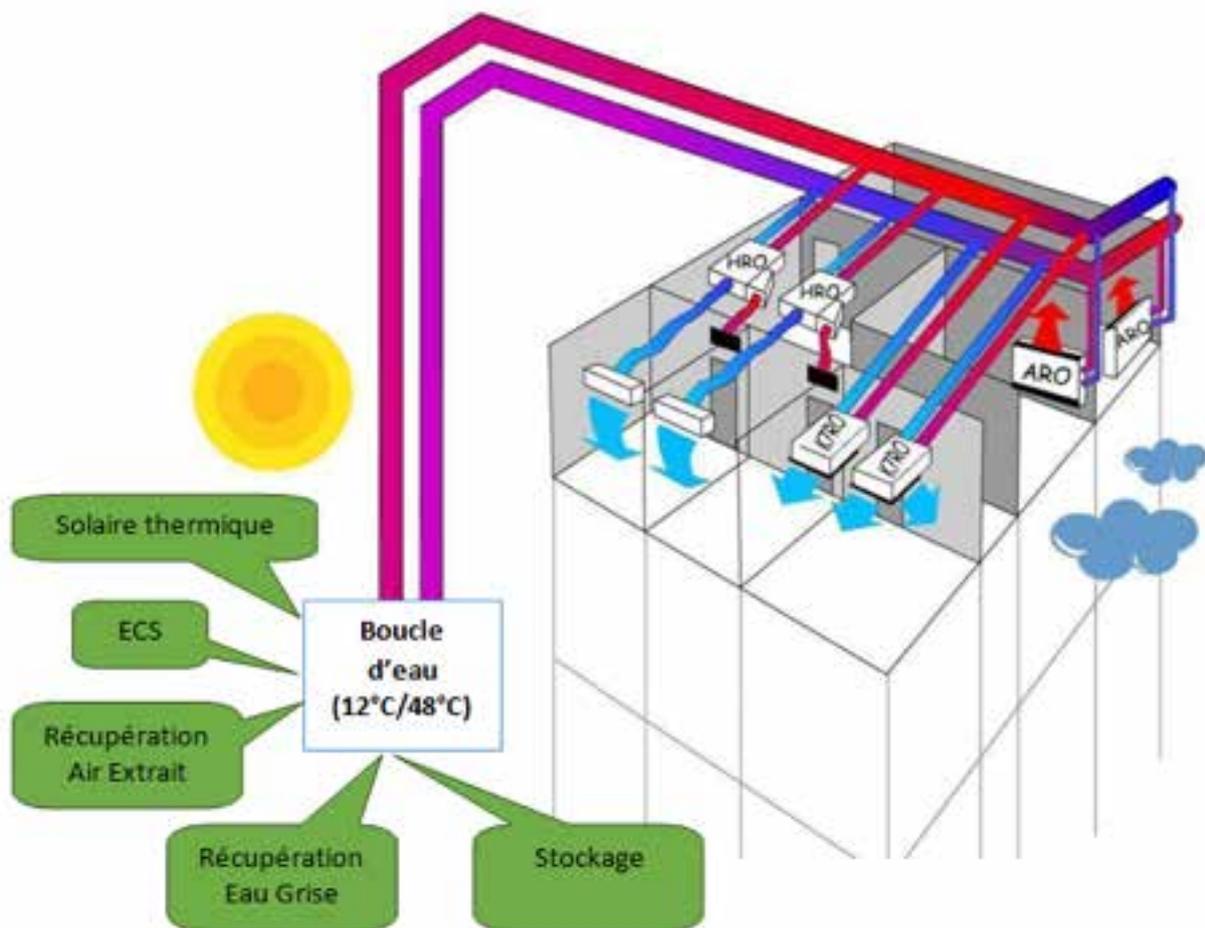
De par sa technologie, les PAC raccordées à une boucle d'eau récupèrent la chaleur in situ. De fait, elles sont prises en compte comme des équipements de production d'énergie renouvelable (ENR), elles diminuent la consommation d'énergie primaire et l'impact CO₂.

Les PAC sur boucle d'eau :

- restituent 4 à 7 fois la quantité d'énergie qu'elles consomment et se caractérisent par les coefficients COP et EER.
- valorisent les énergies non utilisées et perdues en les captant et en les recyclant dans la boucle

Monoblocs, étanches, à faible charge en fluide frigorigène et sans aucune liaison frigorifique, la mise en œuvre des PAC individuelles sur boucle d'eau est simplifiée et l'installation reste évolutive sans arrêt du système.

Elles répondent particulièrement aux textes des réglementations thermiques du bâtiment et sont particulièrement adaptées pour les bureaux, les centres commerciaux avec galeries marchandes, les ensembles immobiliers regroupant des usages très différents tels que commerces, hôtels et bureaux.



DRV (systèmes à débit de réfrigérant variable)

4

Système du domaine « détente directe » utilisant le fluide frigorigène comme calo-frigoporteur.

Les DRV (pour Débit de Réfrigérant Variable) sont des systèmes de type multisplit évolués réduisant fortement, par rapport aux splits traditionnels, les liaisons frigorifiques entre groupe extérieur et unités intérieures. Existent en version « trois tubes » permettant de fonctionner simultanément en chaud sur certaines unités et en froid sur d'autres (suivant les charges et exposition des locaux desservis). La version « trois tubes » est particulièrement intéressante car elle permet de faire du transfert de chaleur entre locaux en excès et locaux en demande.

Un système DRV est une pompe à chaleur multizone avec régulation du débit de réfrigérant variable. Il se compose d'un groupe (qui échange avec le milieu extérieur) sur lequel on peut raccorder de 4 à environ une cinquantaine d'unités intérieures de typologies très variées (muraux, cassettes plafonnières, consoles, gainables, etc.). Il permet, par exemple, d'assurer un contrôle individuel précis pour chaque pièce et pour chaque étage d'un immeuble de bureau ou d'un bâtiment hôtelier. Un système DRV peut donc apporter une solution de chauffage, de chauffage-rafraîchissement (ou climatisation), mais aussi de ventilation, de production d'eau chaude sanitaire et ce avec régulation-gestion centralisée particulièrement performante.

Ces systèmes sont aussi appelés VRV (Variable Refrigerant Volume) ou VRF (Variable Refrigerant Flow) suivant les constructeurs.

Les bâtiments tertiaires sont soumis à des fluctuations de charges thermiques importantes en fonction des saisons, des apports internes liés aux équipements informatiques. Certaines unités sont dites à récupération d'énergie, ces unités DRV peuvent chauffer et climatiser simultanément. Le principe mis en œuvre est celui du transfert de chaleur. En effet, une unité installée dans une salle informatique va demander de la climatisation en continu. Aussi le circuit frigorifique des DRV à Récupération d'Énergie est spécialement dessiné pour utiliser les calories extraites de la salle informatique pour chauffer un bureau ou une salle de réunion. Ou encore, en fonction de l'orientation des façades Est et Ouest d'un bâtiment, les besoins de chauffage ou de climatisation varient entre le matin et l'après-midi. Ces DRV permettent de chauffer le matin la façade exposée à l'ouest en transférant simultanément des calories de la façade Est qui peut avoir besoin de rafraîchissement lié aux apports solaires de la matinée.



Pompes à Chaleur

Le poids de la filière en France

Chiffre d'affaires



2,4
Milliard
d'euros



24 000
emplois Filière
(fabrication, distribution,
installation
et maintenance)

20
sites industriels
en France



Marché Français de la PAC 2014

3 622

Géothermie

69 971

Aérothermie
Air/Eau

72 539

Production
thermodynamique
d'eau chaude sanitaire
(CET)

83 000

PAC Air/Air
(en Maison
individuelle)

Impact environnemental annuel

(Résidentiel individuel)

5 Mtonnes de CO₂ évitées

1 720 kTep économisées

20 TWh : contribution EnR des PAC

secteur résidentiel (Aérothermie + Géothermie
+ Air/air + CET) *source EHPA*



Parc existant des PAC

(Tous systèmes confondus hors CET
en Maison individuelle)

1 700 000

AU DELÀ D'UNE ASSOCIATION,



UNE ÉTHIQUE

AFPAC

**Association Française
pour les Pompes À Chaleur**

31 rue du Rocher
75008 Paris

Tél. : 01 42 93 52 25

e-mail : contact@afpac.org

Site internet : <http://www.afpac.org>

NOVEMBRE 2015



La pompe à chaleur au cœur de votre confort