



Pompes à Chaleur et Gaz Réfrigérants en Suisse - Synthèse

1. Introduction.....	2
2. Caractéristiques générales des PAC	2
2.1. Principe de fonctionnement.....	2
2.2. Cycle de fonctionnement	2
2.3. Eléments d'une PAC	3
2.4. Bases Techniques	4
2.4.1. Indice et coefficient de performance.....	5
2.5. Types de PAC	7
2.6. Puissances électriques et COP moyens	8
2.7. Législation suisse	8
2.8. Types de fluides réfrigérants dans les PACs	9
3. Situation en Suisse.....	11
4. Impact Environnemental	15
4.1. Avantages	15
4.2. Inconvénients	16
4.2.1. Fuites de gaz fluorés et fin de vie des installations	16
4.2.2. Estimation de l'impact en Suisse (Calculs)	17
5. Alternatives aux HFC à fort GWP.....	17
6. Conclusion et Recommandation	18
Bibliographie	19

1. Introduction

Le but de ce document est de présenter la technologie des pompes à chaleur (PAC) de manière générale, puis de synthétiser la situation du marché en Suisse et ensuite d'évaluer l'impact des PACs sur l'environnement en termes de réchauffement climatique spécifiquement en regard de l'utilisation de gaz frigorigènes synthétiques.

Ce rapport doit permettre à l'association Noé21 de répondre à la question : « Vaux-il la peine d'investir des ressources dans le développement d'un projet de remplacement de gaz synthétiques par des gaz naturels dans les PACs comme le projet (F)airconditionning le fait actuellement avec des blocs d'air conditionné en Inde » ? Un tel projet aurait-il un potentiel intéressant de mitigation du réchauffement climatique ?

2. Caractéristiques générales des PAC

2.1.Principe de fonctionnement

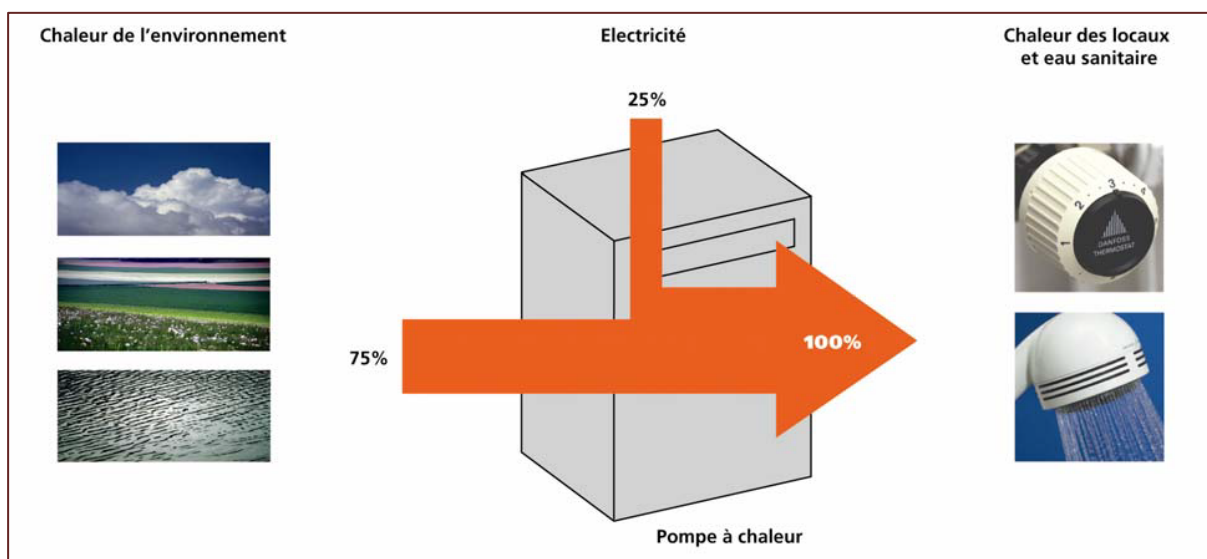


Figure 1: Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur avec les flux d'énergies (1)

2.2. Cycle de fonctionnement

Actuellement, la technique la plus fréquemment mise en oeuvre dans les pompes à chaleur repose sur le procédé de compression de vapeur froide. Un fluide réfrigérant s'évapore dans la partie froide lors de l'absorption d'une quantité aussi grande que possible de chaleur d'évaporation. Après avoir été comprimé dans un compresseur, ce fluide est à nouveau liquéfié dans la partie chaude; ce faisant, le fluide dégage de la chaleur de condensation. Ensuite, le fluide est ramené à la pression d'évaporation au moyen d'un détendeur. Toutes les installations basées sur ce principe fonctionnent grâce au fait que les températures d'évaporation et de condensation sont fonction de la pression exercée sur le fluide frigorigène. Une telle installation peut être représentée de façon simplifiée comme dans la figure suivante.

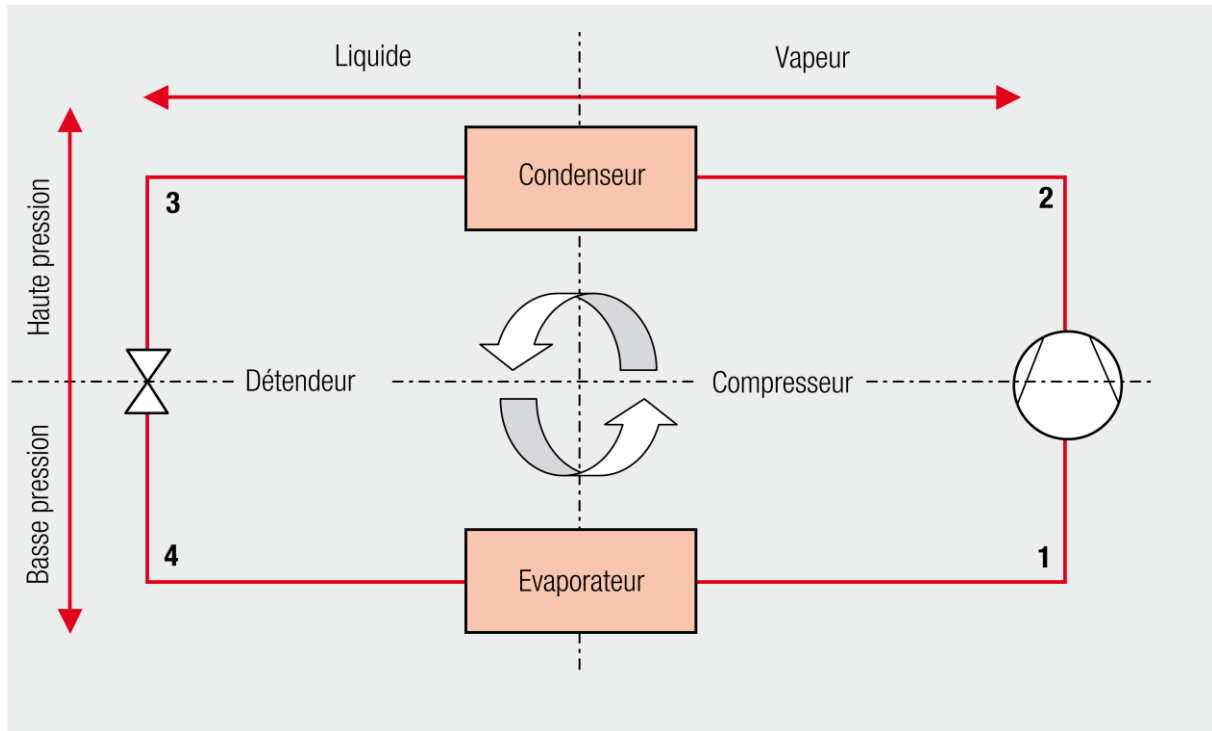


Figure 2: Principe du procédé de compression de vapeur froide (2)

2.3.Eléments d'une PAC

Les quatre composants principaux indispensables à la réalisation d'un cycle à compression de vapeur froide traditionnel sont: le compresseur, le condenseur, le détendeur (vanne de détente) et l'évaporateur.

2.4.Bases Techniques

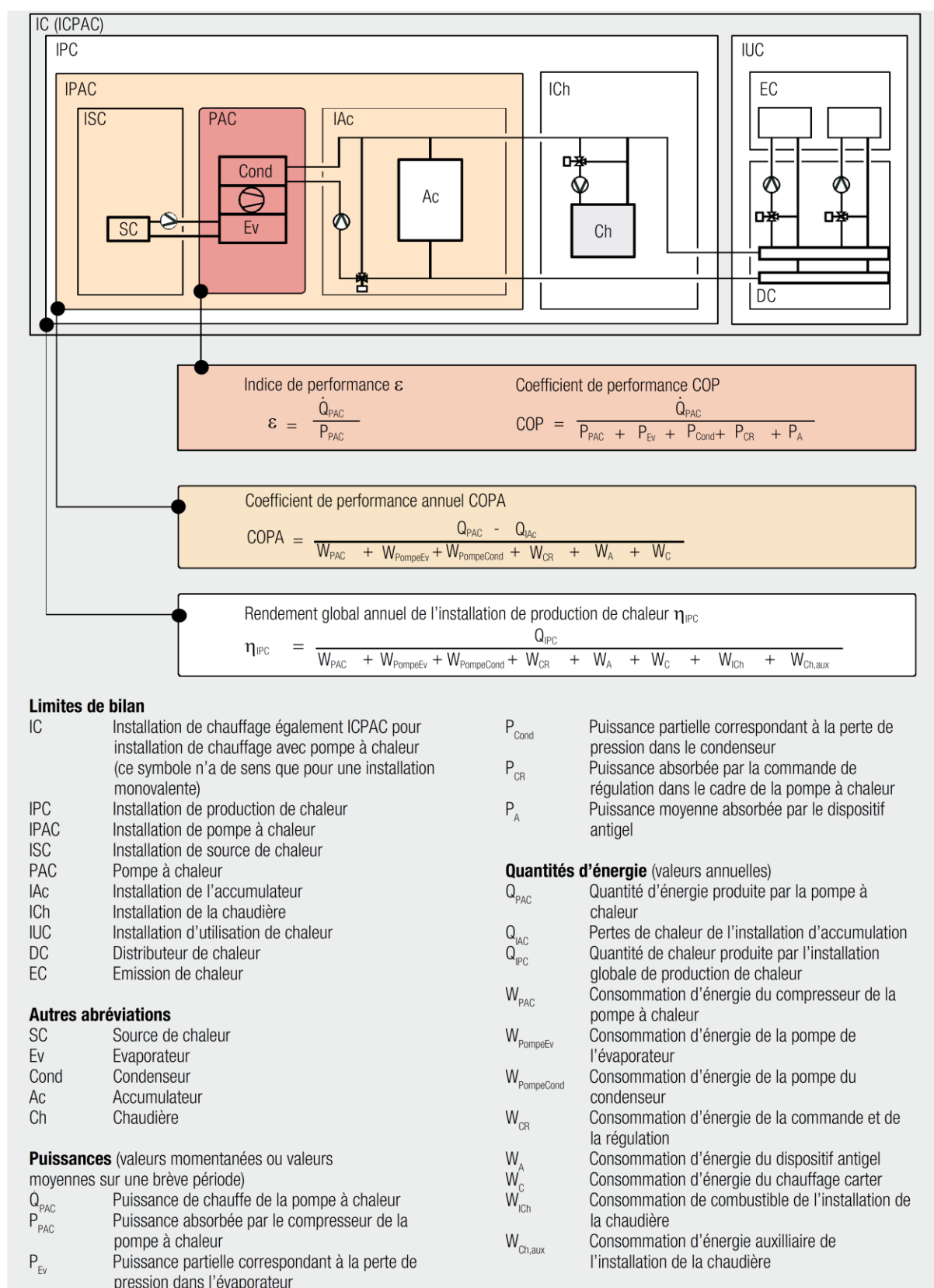


Figure 3: Limites du système et valeurs caractéristiques des pompes à chaleur (2)

2.4.1. Indice et coefficient de performance

Le rendement idéal est donné par le cycle de Carnot; il s'agit d'un cycle n'ayant aucune perte, sans surchauffe ni sous-refroidissement. Pour le cycle de Carnot la caractéristique de puissance ϵ_{CW} s'obtient comme suit:

$$\epsilon_c = \frac{\dot{Q}_{PAC}}{W_{PAC}} = \frac{T_c}{T_c - T_o}$$

$\dot{Q}_{PAC}$ puissance thermique en kW

W_{PAC} puissance amenée en kW

T_o température d'évaporation en K

T_c température de condensation en K

Dans la théorie, pour un cycle véritable (réel), on obtient la caractéristique de puissance (ou **indice de performance**) ϵ_W suivante:

$$\epsilon = \frac{\dot{Q}_{PAC}}{P_{PAC}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

P_{PAC} puissance amenée en kW

$\dot{Q}_{PAC}$ puissance thermique en kW

h_1 enthalpie du fluide réfrigérant à l'entrée du compresseur en kJ/kg

h_2 enthalpie du fluide réfrigérant à la sortie du compresseur en kJ/kg

h_3 enthalpie du fluide réfrigérant à la sortie du condenseur en kJ/kg

Le rapport entre la caractéristique de puissance réelle et la caractéristique de puissance de Carnot est appelée **efficacité** η_{CW} (exergétique). (2)

$$\eta_c = \frac{\epsilon}{\epsilon_c}$$

Dans la pratique, les calculs sont effectués à l'aide de l'indice de performance E, qui est le quotient de la puissance de chauffage fournie et de la puissance électrique absorbée.

$$E = \frac{P_{\text{électr. [watt]}}}{P_{\text{abs [watt]}}}$$

E = indice de performance
P_{électr} = puissance de chauffage délivrée par la PAC en watt
P_{abs} = puissance électrique absorbée en watt

L'indice de performance est une valeur momentanée, c'est à dire que la valeur calculée ne vaut qu'à l'instant des mesures à cause des variations permanentes des paramètres d'exploitation (température de la source de chaleur, température aller, etc.).

Le coefficient de performance annuel (COPA):

Pour déterminer la qualité d'une pompe à chaleur, toutes les quantités d'énergie fournies et produites en une année sont comparées entre elles. Il est alors question de coefficient de performance annuel. (3)

$$COPA = \frac{E_{\text{tot}}}{E_{\text{abs}}}$$

COPA = coefficient de performance annuel
E_{tot} = énergie totale fournie (kWh/an)
E_{abs} = énergie absorbée par la PAC et par tous les groupes auxiliaires (kWh/an)

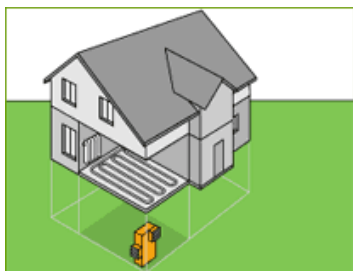
Le COP est donc le coefficient de performance ou le rapport entre la puissance de chauffe (puissance de chauffe obtenue dans le circuit de chauffage) et la puissance électrique (puissance utilisée). Un exemple: Pour une puissance thermique de 10 kW (p. ex. la 1ère condition d'essai) et une puissance électrique de 2 kW, la valeur du COP s'élève à 5 (10 kW : 2 kW). Ceci signifie que la valeur de 5 fois la puissance électrique utilisée est disponible comme puissance de chauffe utile.

Les COP des différents types de PAC sont généralement compris entre 2 et 5.

2.5.Types de PAC

Il existe plusieurs types différents de PAC qui peuvent être classées en fonction de la source de chaleur employée (air, eau, sol), de la source d'énergie utilisée (gaz, électricité), de leur mode de fonctionnement (monovalent, ambivalent) et de leur structure (split ou compact).

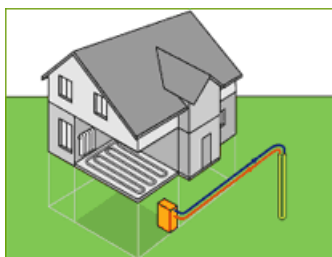
Source de chaleur air:



L'air est disponible partout et à volonté. De plus on peut l'utiliser sans problème comme source d'énergie. Il est gratuit. L'installation d'une pompe à chaleur air-eau ne nécessite pas d'autorisation. Ce type de pompes à chaleur s'utilise en plaine et jusqu'à 600-800 mètres comme système de chauffage monovalent. Cela veut dire qu'elle subvient à la totalité des besoins en chauffage. Au-dessus, il faut un complément de chauffage électrique, ou bois, ou une énergie fossile.

Dans ce cas on dit que le système de chauffage est bivalent. Les pompes à chaleur air-eau détiennent en Suisse 52% des parts du marché. Le COP se situe en général autour de 3 pour les modèles vendus en Suisse.

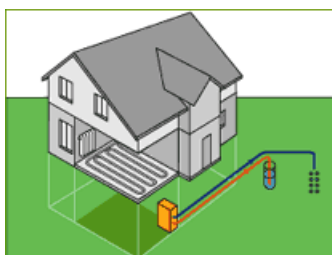
Source de chaleur sol:



Il existe des techniques simples permettant d'exploiter l'énergie naturelle stockée dans le sol. On utilise soit une ou plusieurs sondes géothermiques verticales installées à une profondeur de 50 à 150 mètres, soit un capteur horizontal, enterré à une profondeur hors gel qui se situe entre 1 et 1,50 mètre, selon l'altitude, dans un terrain bien exposé au soleil, soit des corbeilles géothermiques ou encore les géostructures énergétiques. L'utilisation de tous ces modes de captages

sont soumis à autorisation. En Suisse, la part de marché des pompes à chaleur sol-eau représente 43%.

Source de chaleur eau:



La température de la nappe phréatique est constante et élevée toute l'année (entre 8°C et 12°C). Cette source convient donc parfaitement au chauffage par pompe à chaleur. Il est également possible de capter la chaleur des eaux de surface, telles que lacs, rivières, ruisseaux et eaux usées. Une autorisation est nécessaire pour l'exploitation de pompes à chaleur eau-eau, qui représentent 5% des parts du marché Suisse. Le COP se situe en général autour de 3.5 pour les modèles

vendus en Suisse.

Monovalente : On parle d'exploitation monovalente lorsque toute la chaleur d'une maison provient de la pompe à chaleur. La majorité des installations existantes fonctionne selon ce système. La pompe peut également produire l'eau chaude sanitaire de la maison.

Bivalent : On parle de système bivalent quand la pompe à chaleur est complétée par une autre source de chaleur (mazout, bois ou cheminée à air chaud par exemple).

Le modèle compact: Tous les composants sont regroupés (d'usine ou sur place) dans un seul boîtier, une salle des machines ou sur un seul châssis.

Le modèle split: Des composants de base de la pompe à chaleur se trouvent en dehors de l'élément central; par exemple l'évaporateur d'une pompe à chaleur air-eau se trouve à l'extérieur et le groupe compresseur-condenseur se trouve à l'intérieur du bâtiment.

2.6. Puissances électriques et COP moyens

Pour les PAC destinées aux maisons individuelles, les puissances électriques se situent entre 1'500 [W] et 2'500 [W] selon les différents modèles.

Pour les PAC destinées aux immeubles collectifs, les puissances se situent entre 2'000 [W] et 4'000 [W] selon les différents modèles.

Le COP des PACS varie en fonction de plusieurs facteurs mais principalement selon la différence de température entre la source d'où est extraite la chaleur et la température de restitution à atteindre. Plus la différence est grande, moins le COP est élevé.

Si la source est à 10° C par exemple et que la température de restitution est de 35°C (chauffage) alors les COP peuvent aller jusqu'à 5 ou 6 pour les modèles eau-eau et jusqu'à 4 ou 5 pour les modèles air-eau. Si la source est à 10°C et que la température de restitution est de 55°C (eau chaude sanitaire) alors les COP se situent en général entre 3 et 4 pour les eau-eau et entre 2 et 3 pour les air-eau. (4) et (5).

Pour obtenir les puissances de chauffe en Watts thermiques, la puissance électrique est multipliée par le COP.

2.7. Législation suisse

Les fluides réfrigérants utilisés dans les PACs en suisse sont appelés des substances stables dans l'air ou également des gaz synthétiques à effet de serre puisqu'ils ont un potentiel considérable de réchauffement du climat. Libérés dans l'environnement, ils s'accumulent dans l'atmosphère et se répandent tout autour du globe. Leur potentiel d'effet de serre élevé a poussé la communauté internationale à les inclure dans le Protocole de Kyoto. En Suisse, le Conseil fédéral a décidé de réglementer ces produits par une modification de l'ordonnance sur les substances (Osubst) en date du 30 avril 2003. Dans le cadre de l'aménagement du nouveau droit sur les substances chimiques, le train de mesures adopté lors de cette modification a été repris tel quel en 2005 dans l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim). Tant sur le plan international que national, cette réglementation ne prétend pas interdire totalement les substances stables dans l'air à l'instar de celles appauvrissant la couche d'ozone, mais bien d'en limiter l'application aux seuls domaines dans lesquels, en l'état actuel de la technique, il n'y a ni produit ni procédé de substitution éprouvé. Le train de mesures adopté par le Conseil fédéral en modifiant l'Osubst et repris dans l'ORRChim concerne tous les types d'utilisation de substances stables dans l'air (fluides frigorigènes, bombes aérosols, matières plastiques (mousses), technique de la haute tension, solvants, agents d'extinction, etc.).

Ces mesures réglementant les substances stables dans l'air comprennent en particulier de nouvelles prescriptions concernant les fluides frigorigènes, notamment :

- Une autorisation obligatoire pour la mise en place d'installations de plus de 3 kg de fluides frigorigènes stables dans l'air; cette autorisation obligatoire fait l'objet des présentes instructions (annexe 2.10, ch. 3.3, ORRChim);
- Les détenteurs d'appareils ou d'installations contenant plus de 3 kg de fluides frigorigènes doivent veiller à ce qu'un livret d'entretien soit tenu (annexe 2.10, ch. 3.5, ORRChim);
- Les détenteurs d'appareils ou d'installations contenant plus de 3 kg de fluides frigorigènes appauvrissant la couche d'ozone ou stables dans l'air, doivent faire contrôler périodiquement l'étanchéité de leurs appareils ou installations (annexe 2.10, ch. 3.4, ORRChim);
- Chaque mise en service et chaque mise hors service d'installations contenant plus de 3 kg de fluides frigorigènes appauvrissant la couche d'ozone ou stables dans l'air, doit être annoncée à l'autorité compétente. Il en est de même pour les installations déjà en service (annexe 2.10, ch. 5, ORRChim).

Source : Voir Bibliographie (6)

En Suisse, l'exploitation de ces gaz dans les PACs est régie par la réglementation des installations productrices de froid et des pompes à chaleur selon l'annexe 2.10 chiffres 2.1, 2.2 et 2.3 de l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim RS 814.81) depuis le 1.12.2013.

2.8.Types de fluides réfrigérants dans les PACs

Les fluides réfrigérants les plus fréquemment employés dans les PACs en Suisse sont des gaz fluorés (HFC principalement) tels que le R407c, le R404a, le R410a et le R134a. Il existe aussi quelques modèles basés sur des gaz réfrigérants naturels comme le R290 (Propane) mais les plus courants sont toutefois le R407C et le R410A. Le premier fonctionne à de moindres pressions que le second, mais il est moins performant.

Il n'y a pas vraiment de différence d'efficacité (p.r. au COP des PACs) entre les gaz réfrigérants synthétiques fluorés et les gaz naturels. Les gaz naturels offrent une efficacité un peu moins bonne mais la différence n'est pas significative. En revanche les pressions mise en œuvre dans le système sont plus importante ce qui implique des contraintes plus importantes de construction.

La liste des principaux fluides frigorigènes (pour toute l'industrie du froid) avec leur potentiel de réchauffement climatique (GWP) est présentée ci-dessous.

Statut réglementaire	Catégorie		Fluide frigorigène	GWP(1)	Groupe de sécurité(2)	Remarques					
Frigorigènes interdits	CFC (chlorés, perhalogénés)		p.ex. * R11 R12 R502 R13B1		A1 A1 A1 A1	Interdits dans les installations nouvelles ou transformées. Les installations existantes peuvent rester en service, mais pas rechargées. Les installations contenant plus de 3 kg de frigorigène doivent être déclarées, avoir un livret d'entretien et leur étanchéité doit être testée régulièrement.					
Frigorigènes interdits dès le 1.1.2015	HCFC (chlorés, partiellement halogénés)	Fluides purs	p.ex. R22		A1	Interdits dans les installations nouvelles, étendues ou transformées. Les installations existantes peuvent rester en service et être rechargées jusqu'à fin 2014 avec des frigorigènes recyclés. Les installations contenant plus de 3 kg de frigorigène doivent être déclarées, avoir un livret d'entretien et leur étanchéité doit être testée régulièrement.					
		Mélanges (Blends)	En général à base de R22, R401A (MP39) R402A (HP80) R402B (HP81) R408A (FX-10) R409A (FX-56)		A1 A1 A1 A1 A1						
Frigorigènes à utilisation restreinte dans les appareils et installations	FC / HFC (sans chlore, partiellement halogénés)	Fluides purs	p.ex. R23 R134a R125 R143a	14800 1430 3500 4470	A1 A1 A1 A2	La construction, l'extension et la transformation d'installations au-delà de certaines puissances sont interdites à partir du 1.12.2013. Condition pour un dérogation: Les exigences de sécurité selon SN EN 378 2008 für natürlichen Kältemitteln nach dem Stand der Technik nicht erfüllbar. Les installations contenant plus de 3 kg de frigorigène doivent être déclarées, avoir un livret d'entretien et leur étanchéité doit être testée régulièrement.					
			Mélanges (Blends)	p.ex. R404A R407A R407B R407C R407D R410A R413A R417A R422A R422D R427A R507A	3980 2110 2800 1770 1630 2090 2050 2350 3140 2730 2140 3920		A1 A1 A1 A1 A1 A1 A2 A1 A1 A1 A1 A1				
		Frigorigènes autorisés sous réserve des exigences de sécurité	naturels	Fluides purs	p.ex. R170 (Ethane) R290 (Propane) R717 (NH ₃) R718 (H ₂ O) R744 (CO ₂) R600a (Isobutane) R1270 (Propène)		3 3 0 < 1 1 3 3	A3 A3 B2 A1 A1 A3 A3	Les fluides naturels sont préconisés pour les nouvelles installations et les transformations. Les installations contenant plus de 3 kg de réfrigérants doivent avoir un livret d'entretien.		
					Mélanges (Blends)		p.ex. R290/R600a R290/R170 R723 (DME/NH ₃) ³	3 3 8		A3 A3 A3	Les fluides naturels sont préconisés pour les nouvelles installations et les transformations. Les installations contenant plus de 3 kg de réfrigérants doivent avoir un livret d'entretien.
HFO (Fluor-Olefine partiellement halogénées)	Fluides purs				p.ex. HFO-1234yf HFO-1234ze	4 6	(A2) ³ (A2) ³	Fluides autorisés. Les installations contenant plus de 3 kg de réfrigérants doivent avoir un livret d'entretien.			
1 Potentiel de réchauffement global à un horizon de 100 ans selon le 4e rapport du GIEC (2007). http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm Pour les mélanges: moyenne des GWP des composants, pondérés en fonction des proportions massiques correspondantes des substances pures. 2 Groupes de sécurité selon SN EN 378-1:2008+A1:2010 3 R723 n'est pas répertorié dans la SN EN 378-1:2008+A1:2010 (s. Hersteller Schick R723) 4 Le groupe de sécurité selon SN EN 378-1:2008+A1:2010 n'est pas encore défini											

Figure 4: Liste des principaux fluides frigorigènes (en général) (7)

3. Situation en Suisse

Il existe actuellement environ 200'000 pompes à chaleur installées en Suisse. La Figure 5 présente l'évolution des ventes en Suisse depuis 1980.

En 2000 il y avait, selon le recensement fédéral, en tout 1'400'000 systèmes de chauffage en fonction dont:

- 800'000 chaudières à mazout
- 200'000 chaudières à gaz
- 170'000 chauffages électriques à résistances.

Les chaudières à mazout et à gaz sont aujourd'hui encore responsables de presque la moitié des émissions de CO₂ en Suisse.

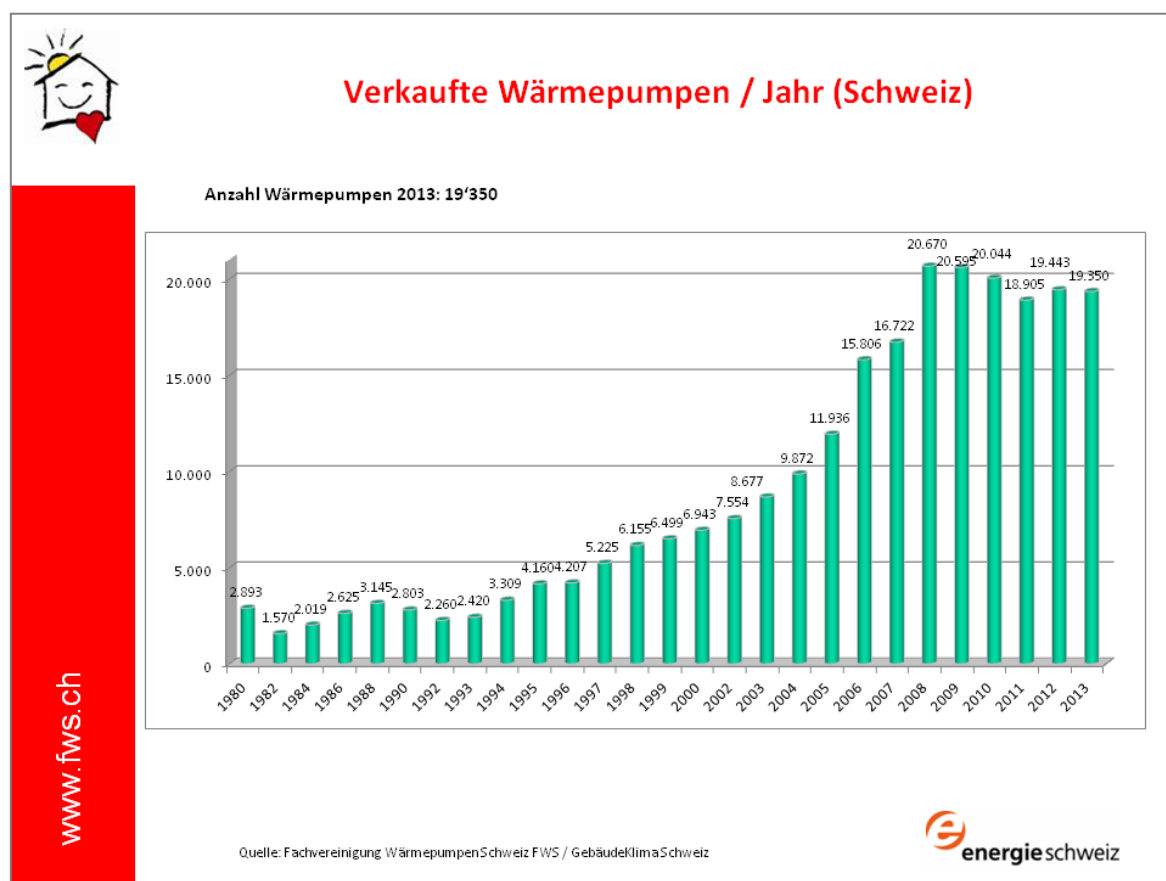


Figure 5: Evolution des ventes de PACs en Suisse depuis 1980

Depuis 2007, il se vend plus de pompes à chaleur que de chaudières à gaz ou à mazout. A la fin 2008, plus 140'000 pompes à chaleur étaient en fonction. L'objectif de la Suisse est d'atteindre les 400'000 pompes à chaleur d'ici 2020. Actuellement, 22'000 PAC sont installées chaque année.



Figure 6: Répartition des PACs par type en 2013

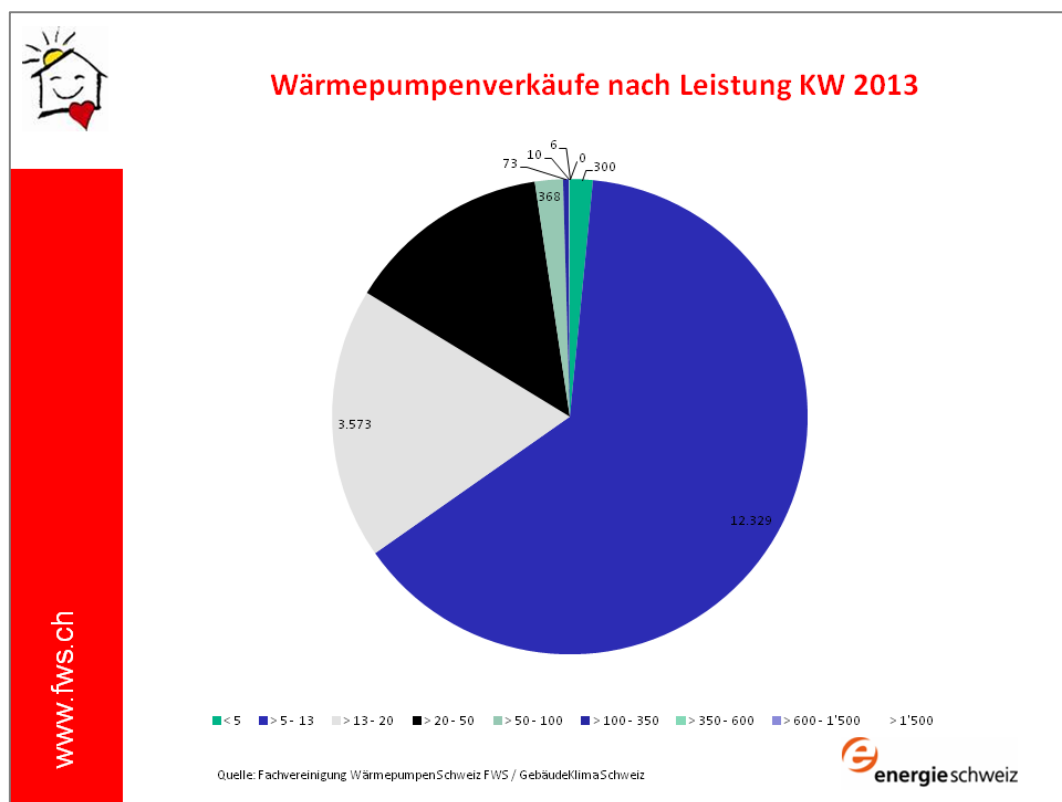


Figure 7: Répartition des PACs par puissance électrique nominale en 2013

En 2009, la consommation d'électricité par les PAC équivalait 1,57% de la consommation totale d'électricité en Suisse (1'141 GWh). La chaleur utile produite par les PAC équivalait 3.3% de la consommation totale des ménages suisses (3'566 GWh). Le nombre de PAC installées était de 153'696.

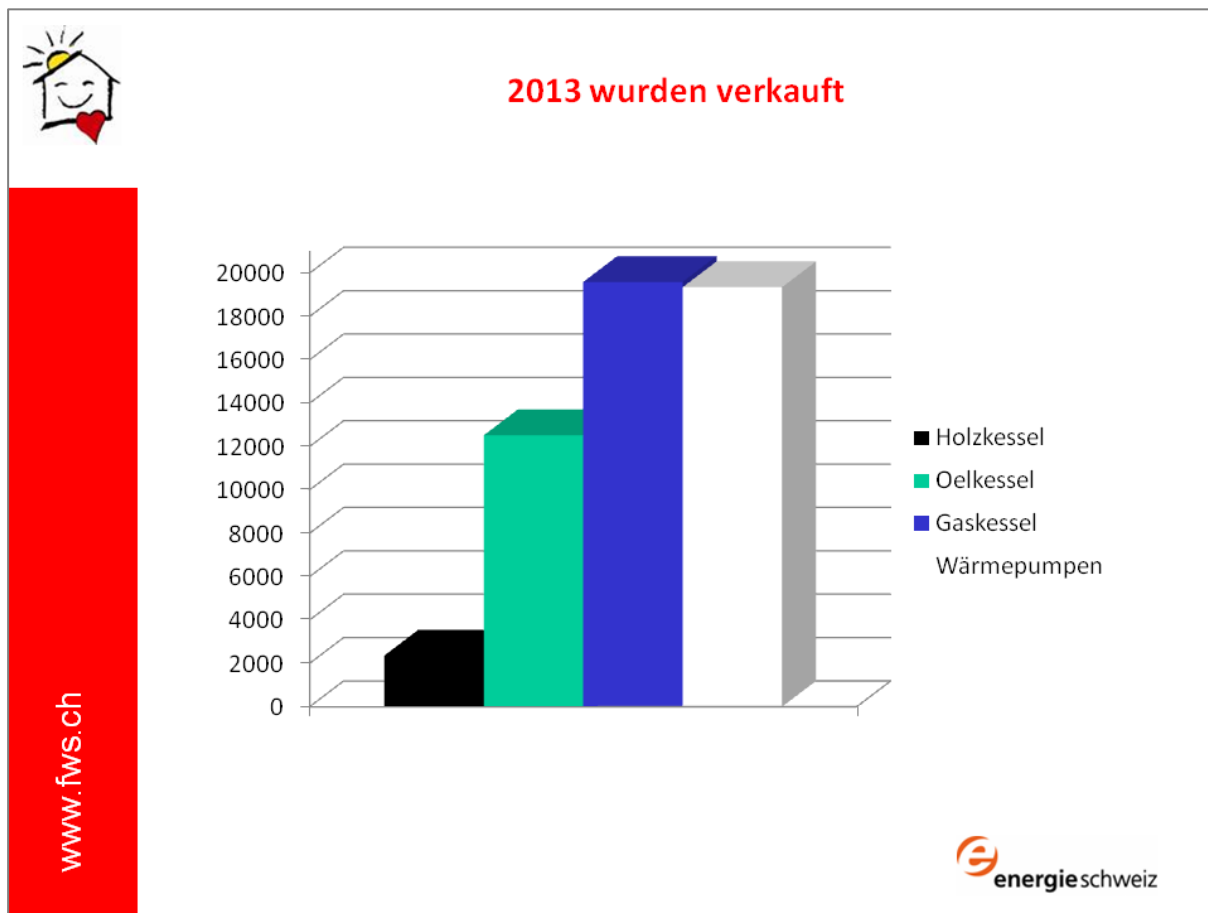


Figure 8: Ventes de chaudières par type en 2013 (Bois, Gaz, Mazout, PAC)

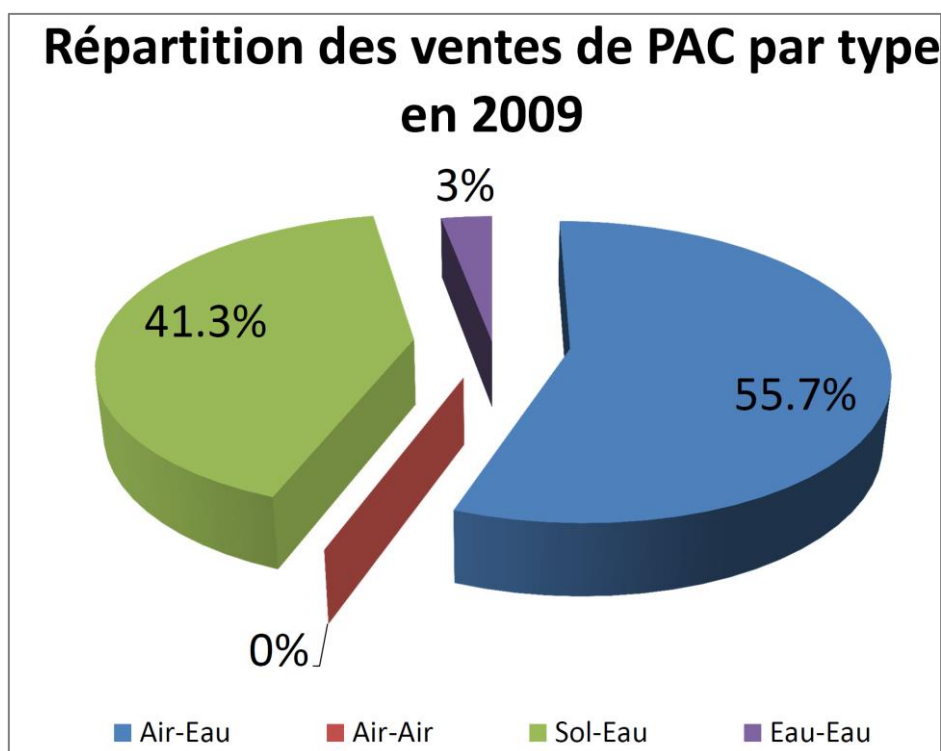


Figure 9: Répartition des ventes de PAC par type en 2009 (8)

Nbr. de modèle de PAC en suisse

Type de réfrigérant	Nombre de modèle de PAC	GWP	Réfrigérant quantité moyenne(Kg)	équivalent CO2 (tonne)
R407c	133	1600	4.61	7.38
R404a	35	3800	2.72	10.34
R410a	25	1900	3.42	6.49
R134a	22	1300	2.93	3.80
R290	10	20	1.82	0.04
R417a	7	1950	2.93	5.71
	moyenne 232normalisée		3.87	7.03

Figure 10: Nombres de modèles de PAC en Suisse en 2009 selon type de gaz réfrigérants (8)

Environ un tiers des pompes à chaleur vendues chaque année en Suisse tombe ont plus de 3 kg de fluide frigorigène et sont soumis à la déclaration obligatoire. (1)

4. Impact Environnemental

4.1. Avantages

L'impact environnemental global des PACs est très positif. Les avantages principaux des PACs sont les suivants, Les pompes à chaleur :

- utilisent des sources d'énergie thermique renouvelables (l'énergie électrique utilisée ne l'est pas forcément et dépend de sa source)
- permettent de ménager les sources d'énergies fossiles, non renouvelables
- sont les seuls systèmes de chauffage fonctionnant en circuit fermé "naturel", rejetant la chaleur à la source
- n'occasionnent aucun dommage environnemental, contrairement aux énergies fossiles
- réduisent massivement les émissions de CO₂
- ne sont pas dépendants de l'évolution incertaine des prix du marché du pétrole
- réduisent les transports de pétrole et de gaz et par là même les risques inhérents à ces transports
- n'ont pas besoin de réservoir de stockage, ni de cheminée, donc permettent l'économie de ramonages et de contrôle de chauffage
- créent de la valeur ajoutée sur le territoire national et encouragent l'innovation

En Suisse, le remplacement de chaudières à mazout et à gaz par des PACs permet de diminuer considérablement les émissions de CO₂. Si toutes les chaudières à mazout et à gaz étaient remplacées par des pompes à chaleur, les émissions de CO₂ pourraient être réduites d'au moins 8% (2) et (9).

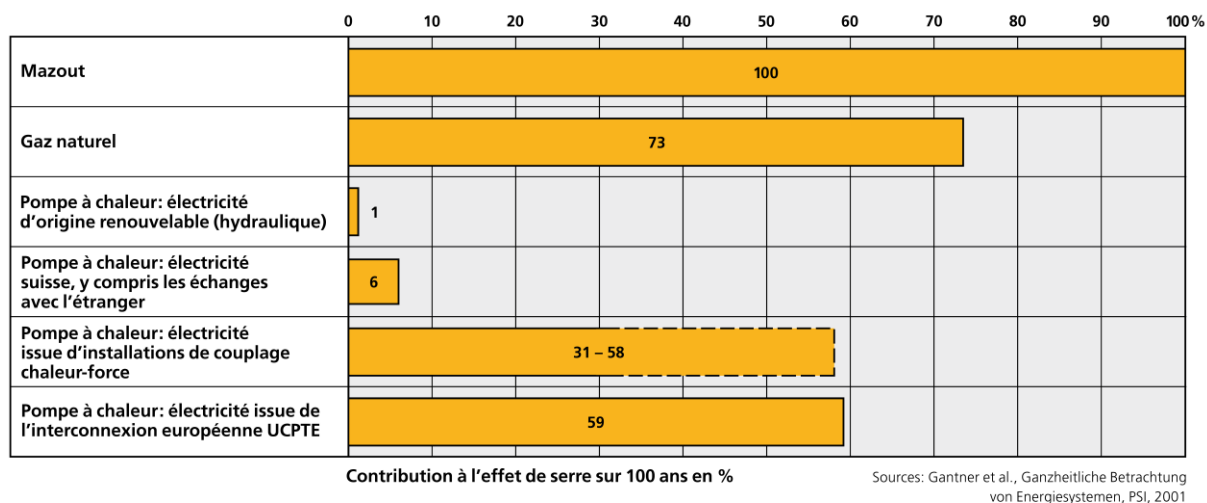


Figure 11: Contribution à l'effet de serre de plusieurs types de chauffage. Le mazout sert de référence avec 100% (10)

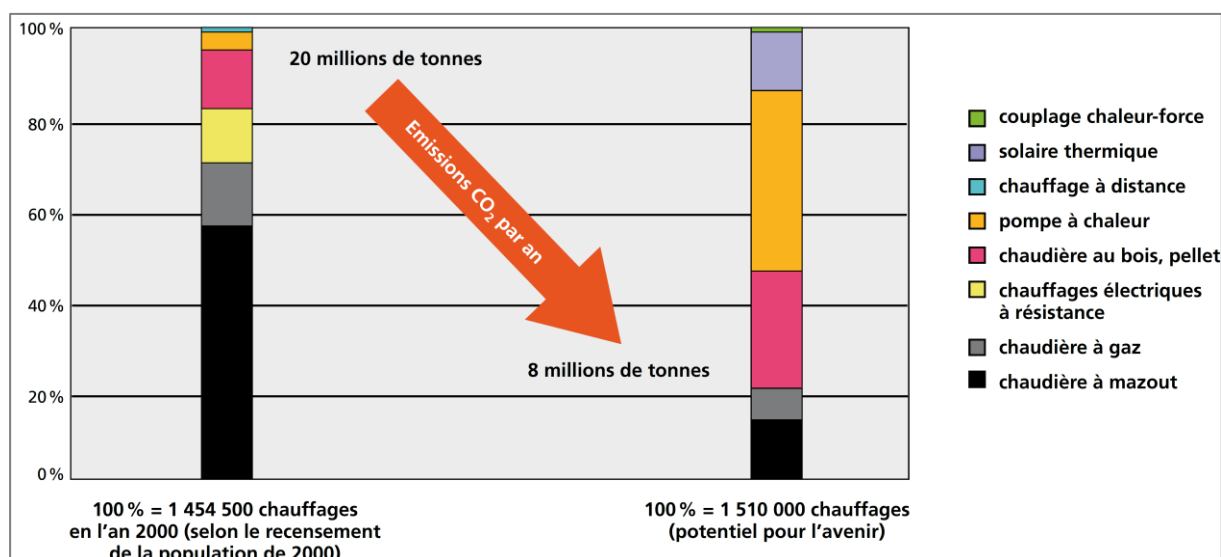


Figure 12: Chauffage en Suisse (9)

Selon le recensement de la population de 2000, on dénombre en Suisse 800'000 chaudières à mazout, 200'000 chaudières à gaz, 170'000 chauffages électriques et 60'000 pompes à chaleur.

Les chaudières à mazout et à gaz émettent presque la moitié du CO₂ de toute la Suisse. En l'état actuel technique et économique des pompes à chaleur, il est possible de remplacer un tiers des chauffages existants, ce qui représente un potentiel de 400'000 installations. Les sources d'énergies renouvelables pour les pompes à chaleur sont disponibles en quantités largement suffisantes à proximité d'utilisateurs potentiels. Il y en a suffisamment pour chauffer plusieurs fois le pays !

4.2. Inconvénients

Les inconvénients principaux des pompes à chaleur sont le bruit et les vibrations générés par leur fonctionnement ainsi que les gaz réfrigérants fluorés contenus dans la plupart des PAC. Les contraintes d'installation et d'utilisation en relation avec le bruit et les vibrations sont régies par l'ordonnance de la protection contre le bruit (OPB) et ne sont pas abordées dans ce rapport.

Les conséquences de l'utilisation de gaz réfrigérants fluorés qui peuvent avoir un certain potentiel en termes de réchauffement climatique sont présentées au chapitre suivant.

4.2.1. Fuites de gaz fluorés et fin de vie des installations

Les fuites de fluides sur des appareils ayant une durée de vie de 10 à 20 ans, peuvent être estimées à 3% par an, pour du matériel assemblé en usine, et 10% par an pour du matériel assemblé sur chantier. En fin de vie d'une pompe à chaleur, tous les gaz ne sont pas toujours recyclés (~25% de pertes). (Source : Bibliographie (11) corroboré par entretien avec Robert Dumortier, membre de la Chambre d'experts STV-UTS).

4.2.2. Estimation de l'impact en Suisse (Calculs)

Si l'on considère les hypothèses suivantes :

- 3.87 [kg] de fluide réfrigérant par PAC
- Le fluide réfrigérant est du R410a avec un GWP de ~2000 (1 kg de R410a = 1267 Kg de CO₂e)

Sachant qu'il y a environ 200'000 PACs en Suisse à l'heure actuelle cela équivaut à une charge totale de ~1'000'000 tonnes de CO₂e. Donc :

- 3% de fuite par an équivalent à ~30'000 [t] de CO₂e par an ou ~200 vols Genève/New-York
- 10% de fuites par an équivalent à ~100'000 [t] de CO₂e par an ou ~700 vols Genève/New-York
- 25% de fuites en fin de vie équivalent à ~250'000 [t] de CO₂e par an ou ~1'750 vols Genève/New-York

(113 g/CO₂/passager, 200 passagers/avion, 6200 km pour GE-NY)

Si tous les gaz réfrigérants synthétiques des PACs étaient remplacés par des gaz naturels cela équivaudrait à une charge de ~775 tonnes de CO₂ à la place de ~1'000'000 de tonnes. 925'000 tonnes seraient donc économisées, soit ~ 6'500 vols Genève/New York.

5. Alternatives aux HFC à fort GWP

Les fluides candidats de remplacements du R410a et du R407c à fort GWP sont le HFC-32 ou des mélanges qui comportent toujours du HFC-32 (GWP = 716) et l'un des HFO disponibles : R-1234yf ou R-1234ze (GWP = 4). Les GWP de ces mélanges se situent autour de 500. La question (qui est tout à fait modélisable) est : est-ce un niveau acceptable sur le long terme ? A noter que la plupart de ces mélanges sont très modérément inflammables et que les normes de sécurité doivent être adaptées (12).

Il existe plusieurs modèles de pompes à chaleur qui emploient des gaz naturels mais leurs installations et leurs ventes restent marginales. Selon le rapport final des « *Alternatives aux HFC à fort GWP dans les applications de réfrigération et de climatisation* » fait par le Cemafruid en collaboration avec ARMINES CES et avec EReIE (12) qui fait office de document de référence dans le milieu, il n'est pas prévu par l'industrie mondiale d'investir dans les gaz naturels pour ce qui est des PACs. C'est surtout, comme cité précédemment, les HFO et les mélanges à base de HFC-32 qui seront utilisés à l'avenir.

6. Conclusion et Recommandation

La pompe à chaleur est une technologie qui va dans le sens de la lutte contre le réchauffement climatique. Elle permet une économie d'énergie lors du chauffage par rapport aux chaudières traditionnelles et de surcroît n'émet directement que très peu de gaz à effets de serre.

Les gaz réfrigérants utilisés dans les pompes à chaleur sont certes dommageables en tant que tels pour le climat mais les quantités employées et les fuites dans l'atmosphère sont négligeables par rapport aux économies de CO₂e réalisées par cette technologie. Les avantages de cette technologie surpassent largement les inconvénients en termes de réchauffement climatique en comparaison avec les chaudières à mazout ou à gaz traditionnelles.

Le but de ce rapport était d'étudier quel était le potentiel d'économies de CO₂ d'un projet d'incitation de remplacement de gaz synthétiques par des gaz naturels dans les PACs en Suisse. La réponse est que le potentiel n'est pas vraiment important et la réponse aux questions posées dans l'introduction est donc « Non ».

Le Groupement Suisse pour les PAC (GSP) ainsi que d'autres intervenants dans le milieu tels que Robert Dumortier qui est membre de la Chambre d'experts STV-UTS encouragent déjà l'achat et l'utilisation de pompes à chaleur employant des gaz naturels et il est difficilement imaginable que Noé puisse apporter une contribution significative aux réductions des émissions liées au PAC en Suisse puisque les milieux professionnels font déjà des efforts dans ce sens-là.

En outre, comme présenté au chapitre 4.2.2, les fuites de fluides frigorigènes de toutes les PACs en suisse représentent entre 200 et 700 vols Genève/New-York par année. Pas grand-chose en somme en comparaison à d'autres secteurs d'activités industrielles. Il serait plus intéressant pour Noé de développer d'autres projets en relation avec d'autres secteurs d'activités (aviation, transport routier, élevage bovin, isolation bâtiments, etc.) qui auraient un impact potentiellement plus élevé en terme de mitigation du réchauffement climatique que d'investir ses ressources limitées dans un projet qui ne permettrait pas d'importantes économies de GES.

Auteur : Sven Schmitz-Leuffen

Bibliographie

1. **Phillips, Richard.** Pompes à chaleur – Questions et réponses. *OFEN_PAC_en_9_questions_brochure_F_0210.pdf*. s.l. : Office fédéral de l'énergie OFEN, 2010.
2. **Peter Kunz (Coordination), Prof. Dr Thomas Afjei, Prof. Werner Betschart, Peter Hubacher, Rolf Löhner, Andreas Müller, Vladimir Prochaska.** Pompes à Chaleur - Planification, Optimisation, Fonctionnement, Entretien. *Manuel_PAC_08F.pdf*. s.l. : Office fédéral de l'énergie OFEN, 2008.
3. **Sàrl, DB Technique.** La Pompe à Chaleur. *COURS POMPE A CHALEUR.pdf*. Yverdon-les-bains : s.n.
4. **TopTen.** *www.topten.ch*. [En ligne]
5. **Wikipedia.** Wikipedia - Heat Pumps. *http://en.wikipedia.org/*. [En ligne] [Citation : 20 avril 2014.] *http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_pump*.
6. **OFEV, Office fédéral de l'Environnement -.** *Installations contenant des fluides frigorigènes stables dans l'air*. Berne : s.n., 2009.
7. **Office Fédéral de l'Environnement, OFEV.** *Liste des principaux fluides frigorigènes*. Berne : OFEV, 2013.
8. **Farah, Rédha.** Les Pompes à Chaleur en Suisse. *Les Pompes à Chaleur en Suisse.ppt*. Genève : s.n., 2012.
9. **OFEN, Office Fédéral de l'Energie.** Les pompes à chaleur - Chauffage sur, propre et écologique. *OFEN_PAC_Chauffage_sur_propre_et_ecolo_09F.pdf*. Berne : s.n., 2009.
10. —. Satisfaction Totale! Pourquoi la PAC est un bon choix. *OFEN_PAC_Satisfaction_totale_F09.pdf*. Berne : s.n., 2001.
11. **Energie Facteur 4.** *www.ef4.be*. [En ligne] *http://www.ef4.be/documents/pompes-a-chaleur/Impact_environmental_TEWI.pdf*.
12. **Denis CLODIC, Xueqin PAN, Eric DEVIN, Thomas MICHINEAU, Stéphanie BARRAULT.** *Alternatives aux HFC à fort GWP dans les applications de réfrigération et de climatisation*. s.l. : EReIE, Cemafrroid, ARMINES CES, 2013.