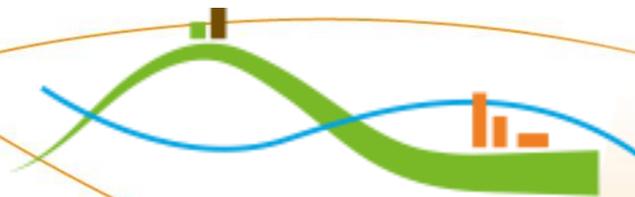




GUIDE D'AIDE AU CHOIX ENVIRONNEMENTAL D'UNE POMPE A CHALEUR



Communauté de communes de la
Plaine de l'Ain

I. Introduction	3
A. Rappel : la meilleure énergie est celle qu'on ne consomme pas.....	3
B. Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur.....	3
C. Chiffrer l'impact carbone total d'une PAC et la répartition des différentes parties.....	3
II. Impact de l'usage	5
A. Explication du COP et de l'efficacité énergétique saisonnière	5
1. Notion de COP et son impact sur les économies d'énergies.....	5
2. Notion de SCOP	5
B. Impact carbone associé à la composition.....	5
C. Impact sonore	7
III. Impact de la fabrication	8
IV. Fin de vie.....	8
A. Impact carbone associé à la durée de vie.....	8
B. Notions de réparabilité.	8
C. Notions de recyclabilité.....	8
V. Impact associé au transport	9
VI. Suggestion de moyen de notation pour aider au choix	9
VII. Fiche récapitulative à remplir	10
1. Usage.....	10
2. Fabrication	10
3. Fin de vie	10
4. Transport.....	11
5. Total	11

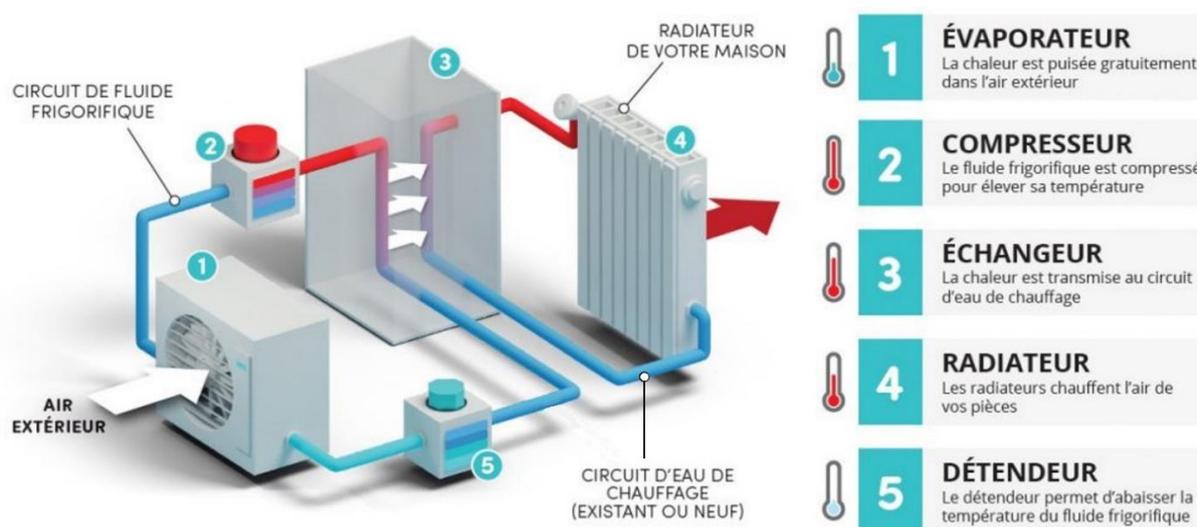
I. Introduction

A. Rappel : la meilleure énergie est celle qu'on ne consomme pas.

Une réduction efficace de la consommation énergétique passe en priorité par une réduction des besoins en énergie du bâtiment. On commence donc par effectuer des travaux d'isolation du bâti et d'amélioration de la qualité de l'air intérieur. Une fois le bâtiment performant, le changement du système de chauffage peut être envisagé. Cet ordre est important pour une meilleure sobriété énergétique mais également car le dimensionnement du système de chauffage se mesure sur les besoins du bâtiment après travaux. Si le dimensionnement du système de chauffage est effectué trop tôt, il sera, à terme, surdimensionné et entraînera un surcoût évitable.

Il est également important de mettre en garde contre l'effet rebond. Une fois les besoins du bâtiment réduits, les bonnes habitudes de chauffage sont à conserver pour atteindre les objectifs d'économies d'énergie. Pour rappel, l'ADEME préconise, en hivers, 19°C dans les pièces de vie, 16°C dans les chambres, 16°C lorsque l'inoccupation dure entre 24 et 48h et 8°C quand l'inoccupation excède 48h.

B. Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur.



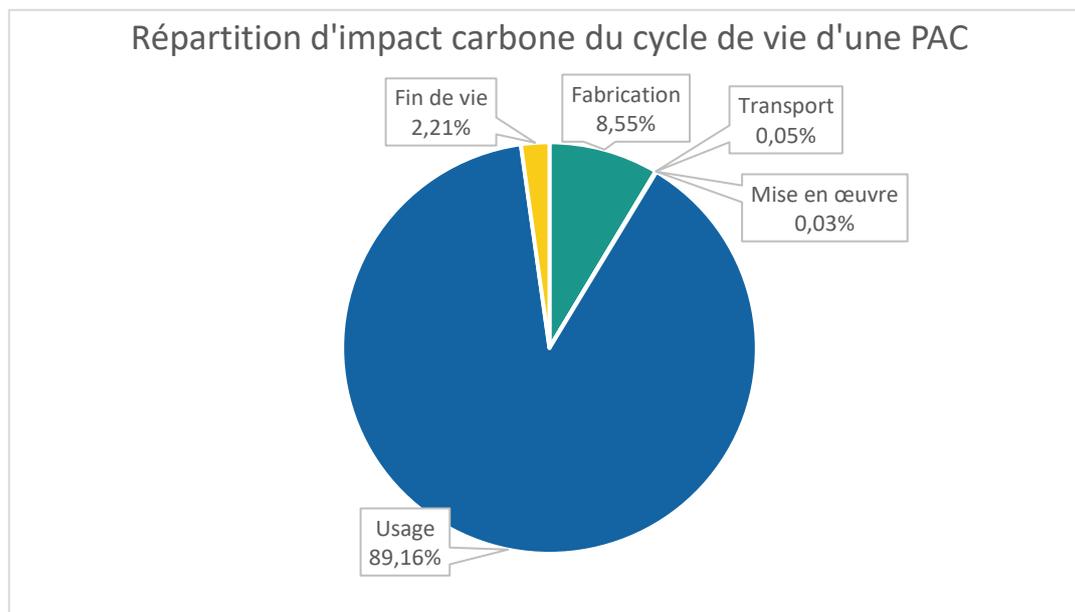
Source : Europe Energie

La pompe à chaleur puise des calories dans l'environnement extérieur pour les redistribuer dans l'espace intérieur. Cela fonctionne grâce à deux circuits de fluides distincts. Le fluide frigorigène du premier circuit se réchauffe de quelques degrés au contact de l'air extérieur. Un compresseur vient ensuite faire monter ce fluide en pression entraînant une augmentation de sa température. La chaleur est transmise au circuit d'eau de chauffage dans l'échangeur. Le détendeur vient ensuite remettre le fluide à basse pression, ce qui le rend plus froid que la température extérieure donc capable de se chauffer à son contact.

C. Chiffrer l'impact carbone total d'une PAC et la répartition des différentes parties.

L'impact carbone du cycle de vie d'une PAC comprend sa fabrication, son utilisation, sa durée de vie et sa fin de vie. Nous vous proposons un système de score à donner pour chaque partie décrite. Plus le score est élevé, plus la PAC est éco-responsable. En sommant les scores de chaque partie, une comparaison chiffrée des PAC est possible. Ce score est arbitraire et peut être adapté selon votre sensibilité comme expliqué en partie VI.

Il est aussi judicieux de ramener l'impact de chaque partie à sa proportion dans l'impact total d'une PAC.



	Fabrication	Transport	Mise en œuvre	Usage	Fin de vie	Total
Impact carbone (kg CO₂ eq)	6380	34	22	66500	1650	74600
Proportion	8,55%	0,05%	0,03%	89,14%	2,21%	100,00%
Coefficient d'impact (à reporter page 11)	0,08	0,01	0	0,89	0,02	1

Source : INIES

Les principales analyses sont les suivantes :

- Le plus gros poste d'émission de CO₂ dans le cycle de vie de l'appareil est l'usage. Le score de cette partie devrait donc compter à hauteur de la proportion de CO₂ émis. Aussi, nous vous proposons un coefficient d'impact qui viendra ajuster les scores donnés dans ce guide selon leur impact au sein du cycle de vie.
- La mise en œuvre n'est pas considérée dans ce guide car le consommateur a rarement accès à ces informations. Aussi, le coefficient d'impact appliqué sera 0.
- La PAC prise pour exemple est assemblée en Europe aussi son transport compte pour très peu. Nous avons donc augmenté le coefficient d'impact pour qu'il s'adapte mieux à tous les cas rencontrés.

II. Impact de l'usage

A. Explication du COP et de l'efficacité énergétique saisonnière

1. Notion de COP et son impact sur les économies d'énergies

Le COP (coefficient de performance) est le ratio entre l'énergie thermique délivrée et la puissance électrique consommée à des températures données. Plus le COP est élevé, plus les économies d'énergies seront grandes (à température de consigne égale).

Le COP ne prend cependant pas en compte le cycle de dégivrage de la PAC qui est très consommateur. Certains fabricants apportent des éléments de résolution en posant, par exemple, l'échangeur extérieur à l'horizontal.

Solution technique proposée pour améliorer le cycle de dégivrage ?	Non	Oui
Score	0	2

2. Notion de SCOP

Le système de chauffage ne fonctionne pas toujours à plein régime. L'efficacité énergétique saisonnière permet de présenter un rendement plus cohérent avec la réalité, puisqu'elle prend en compte le mode réduit.

Le SCOP (coefficient de performance saisonnier) est le COP mais selon un nombre d'heures de fonctionnement dans les différents modes (actif, arrêt, veille). Le SCOP est plus représentatif des performances d'une PAC que le COP, puisqu'il intègre les fluctuations climatiques. Il est traduit en lettres sur l'étiquette énergétique (ex : B, A, A+, A++, etc...).

SCOP	Inférieur à 3,4 (B, C ou D)	Entre 3,4 et 4 (A)	Entre 4 et 4,6 (A+)	Entre 4,6 et 5,1 (A++)	Supérieur à 5,1 (A+++)
Score	0	1	2	3	4

B. Impact carbone associé à la composition

Une PAC peut fonctionner avec des fluides frigorigènes différents. Le choix de ce fluide est un compromis entre impact carbone, sécurité et performance.

Deux types de liaison sont possibles dans une PAC. La liaison frigorifique (avec un fluide frigorigène) et la liaison hydraulique (avec de l'eau ou de l'eau glycolée).

GWP (Global Warming Potential) : C'est un indice qui caractérise la participation de la molécule à l'effet de serre. On calcul la valeur de cet indice par rapport à une molécule de référence, à savoir le CO₂, et pour des durées bien déterminées (20, 100, 500 ans). Le GWP du CO₂ est égal à 1.

		GWP ₁₀₀
R717	Amoniac	0
R744	CO ₂	1
R290	Propane	20
R32	HFC, fluide pur	675
R134a	HFC, fluide pur	1 430
R407C	HFC, mélange	1 800
R22	HCFC	1 810
R410A	HFC, mélange	2 100
R427A	HFC, mélange	2 100
R417A	HFC, mélange	2 300
R422D	HFC, mélange	2 700
R125	HFC, fluide pur	3 500
R404A	HFC, mélange	3 900
R12	CFC	10 900

Source : <https://energieplus-lesite.be/techniques/climatisation8/composants-installation-frigorifique/fluides-frigorigenes/>

Les fluides les plus utilisés en France sont le R32 pour de la construction neuve et le R410 en rénovation.

Les fuites :

En France, en 1997, une étude a montré que le taux de fuites annuelles pouvait atteindre 30 % de la quantité totale en poids (ou en masse) de fluides frigorigènes présent dans les installations frigorifiques des grandes surfaces (Réf.: *Zéro fuite – Limitation des émissions de fluides frigorigènes*, D. Clodic, Pyc Éditions, 1997).

Ces fluides étant pour la plupart toxiques, ces fuites représentent un danger pour l'environnement proche de la PAC.

Législation :

Les fluides frigorigènes fluorés sont interdits de production ou d'utilisation ou doivent être réduits d'utilisation jusqu'en 2030. Il est donc préférable de se tourner vers d'autres alternatives pour une bonne réparabilité de la PAC. Les fluides frigorigènes fluorés sont : R-11, R-12, R-13, R-14, R-113, R-114, R-115, R-22, R-123, R-124, R-134a, R-125, R-32, R-152a, R-143a.

Plus généralement, si on considère tous les fluides :

Date d'interdiction	Fluides
2020	R-404A, R422D, R22
2022-2025	R407F, R407C, R410A, R452A
2027	R32, R134a, R448A, R449A, R513, R452A
Autorisés après 2030	R454A, R-1234ze, R-1234yf, R290, R600a, R744, R717, R718

Source : *Législation F-GAZ*

Les fluides à bas « effet de serre » :

Ils sont considérés comme moins inquiétants pour l'environnement, car à la fois sans action sur l'ozone stratosphérique et d'un faible impact sur l'effet de serre. Ils présentent tous des inconvénients, soit au niveau sécurité, soit au niveau thermodynamique.

Frigorigène	GWP	Température critique (°C)	Pression critique (MPa)	Inflammabilité	Toxicité
R22 (pour comparaison)	1810	96	4,94	Non	Faible
R290 (HC)	20	96.7	4.25	Oui	Non
R717 (Ammoniac)	<1	132.3	11.27	Oui	Oui
R744 (CO ₂)	1	31.1	7.38	Non	Non
R718 (H ₂ O)	0			Non	Non

La liaison hydraulique :

La liaison hydraulique est une alternative qui comporte également des inconvénients. En effet, la plupart du temps, le fluide utilisé est de l'eau glycolée (antigel) qui est très nocif pour l'environnement et nécessite d'être posé par un professionnel. Il faut également ajouter un système Exogène pour la sécurité contre le gel à remplacer tous les 5 ans de la même marque strictement.

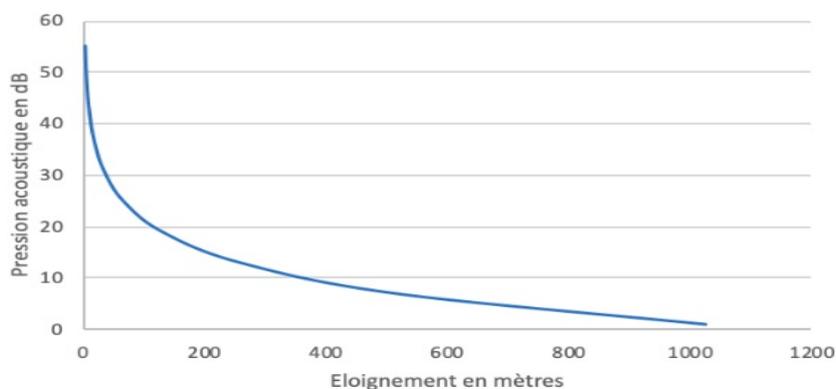
Notation :

GWP du fluide	Au-delà de 5000	2000 - 5000	1000 - 2000	100 - 1000	20 - 100	0 - 20
Score	0	0,5	1	1,5	2	2,5

C. Impact sonore

En général, la pompe à chaleur présente une puissance acoustique entre 45 dB et 65 dB. Le niveau d'une conversation "normale" à voix haute est d'environ 60 dB. La journée, le bruit d'une PAC n'est donc pas problématique mais sur les périodes de repos il peut être source de tension avec le voisinage.

Pour pallier au bruit, un caisson d'isolation peut être mis en place autour du module extérieur. Il est également possible d'augmenter la distance entre la source du bruit et les zones de vie car le bruit décroît quand la distance entre l'émetteur (ici la PAC) et le récepteur (les humains) augmente.



*La pression acoustique (le volume perçu) décroît très rapidement avec la distance.
Source : ENGIE*

La pollution sonore reste cependant un facteur de fuite de la biodiversité. Il est donc important de considérer l'environnement dans son ensemble au moment de positionner le module extérieur d'une PAC.

Volume sonore	75dB	< 60 dB	< 40 dB	< 20 dB
Score	0	0,5	1	1,5

III. Impact de la fabrication

Les principales émissions associées à la fabrication d'une PAC sont dues à l'extraction, à la transformation et à la mise en œuvre des matières premières. La composition des PAC varie surtout en fonction de la puissance de la PAC et peu en fonction du fabricant. Ce critère ne peut donc pas être utilisé pour départager deux PAC une fois la puissance choisie.

Les fabricants peuvent cependant présenter un taux différent de matières recyclées dans leur produit. Avoir des matériaux recyclés dans l'appareil évite que ces éléments soient extraits du sol. Leur impact n'est donc plus à considérer.

Notation suggérée :

Proportion de matériaux recyclés dans l'appareil	0%	0% - 10%	10% - 20%	20% - 30%	30% - 40%	40% - 50%	50% - 60%	60% - 70%	70% - 80%
Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9

IV. Fin de vie

A. Impact carbone associé à la durée de vie.

Plus la durée de vie d'un appareil est longue, plus son impact carbone de fabrication est amorti. En effet, Si un appareil produit X tonnes de CO₂ pour être fabriqué, et qu'il dure 30 ans, un appareil demandant la même quantité de ressources à la production mais ayant une durée de vie de 15 ans polluera sur la même période de 30 ans deux fois plus car il faudra en acheter 2.

Durée de vie théorique	5 – 10 ans	10 – 15 ans	15 – 20 ans	20 – 25 ans	25 – 30 ans	Au-delà de 30 ans
Score	0	1	2	3	4	5

B. Notions de réparabilité.

La réparabilité allonge la durée de vie de l'appareil en mobilisant l'impact carbone d'une seule pièce au lieu du dispositif complet en cas de panne. Pour qu'une machine soit réparable, il faut que les pièces soient pensées pour pouvoir être changées c'est-à-dire que les pièces soient dissociables et accessibles. Il faut également que des pièces de rechange soient disponibles pendant toute la durée de vie de l'appareil.

	Pièces dissociables	Pièces accessibles	Pièces disponibles sur la durée de vie de l'appareil
Score	+ 1	+ 1	+ 1

C. Notions de recyclabilité.

Avoir des matériaux recyclables dans l'appareil ne signifie pas qu'ils seront effectivement recyclés. Il est donc important que les matériaux qui composent la PAC soient recyclables et qu'une filière de recyclage soit en place.

	Matériaux recyclables (au moins 30%)	Filière de recyclage en place
Score	+ 1	+ 2

V. Impact associé au transport

Les émissions carbone associées au transport diffèrent selon le poids de la machine, la distance à parcourir et le moyen de transport utilisé. Le poids dépend des besoins énergétiques de la structure aussi le consommateur ne peut modifier ce critère. L'utilisateur n'a également pas la main sur le mode de transport choisit. Nous rappelons cependant, à titre d'exemple, les émissions générées pour une machine de 100km selon le transport utilisé et la distance parcourue :

Mode de transport	Echelle Nationale (1000 km)	Echelle Européenne (2500 km)
Ferroviaire	1 kg de CO ₂ émis	2 kg de CO ₂ émis
Routier	8 kg de CO ₂ émis	21 kg de CO ₂ émis
Aérien	347 kg de CO ₂ émis	434 kg de CO ₂ émis

Calcul réalisé avec l'outil Bilan carbone V8.9

Pour un calcul précis de l'impact carbone engendré par le transport, il faudrait considérer l'impact de chaque trajet et de chaque composant ramené à son poids. Or, le consommateur n'a pas accès à ces informations pour faire son choix de PAC. Nous allons donc départager les PAC selon une notation simplifiée. Les informations dont nous aurons besoin pour notre notation sont : la provenance de la majorité des matières premières et la nationalité de l'usine d'assemblage.

Nous considérerons deux grandes phases de transport : du point d'extraction de la majorité des matières premières au point d'assemblage et du point d'assemblage au point d'utilisation : la Plaine de l'Ain.

Distance entre l'extraction et l'assemblage	Intercontinentale (15000km)	Continentale (2500-5000km)	Nationale (1000km)	Locale (100km)
Score	0	0,1	0,5	5

Distance entre l'assemblage et l'installation	Intercontinentale (15000km)	Continentale (2500-5000km)	Nationale (1000km)	Locale (100km)
Score	0	0,1	0,5	5

Pour obtenir le score total du transport, sommer ces deux scores.

VI. Suggestion de moyen de notation pour aider au choix

Le système de notation proposé peut être utilisé pour comparer des PAC entre elles. Les échelles de score sont cependant arbitraires et peuvent être adaptées selon vos sensibilités propres ou des priorités du projet. Par exemple, si vous êtes particulièrement sensibles à la proximité des matières premières et de l'entreprise, prévoyez un score plus haut pour les matières premières locales.

VII. Fiche récapitulative à remplir

1. Usage

Solution technique proposée pour améliorer le cycle de dégivrage ?	Non	Oui
Score	0	2

SCOP	Inférieur à 3,4 (B, C ou D)	Entre 3,4 et 4 (A)	Entre 4 et 4,6 (A+)	Entre 4,6 et 5,1 (A++)	Supérieur à 5,1 (A+++)
Score	0	1	2	3	4

GWP du fluide	Au-delà de 5000	2000 - 5000	1000 - 2000	100 - 1000	20 - 100	0 - 20
Score	0	0,5	1	1,5	2	2,5

Volume sonore	75dB	< 60 dB	< 40 dB	< 20 dB
Score	0	0,5	1	1,5

Score total de l'usage	
------------------------	--

2. Fabrication

Proportion de matériaux recyclés dans l'appareil	0%	0% - 10%	10% - 20%	20% - 30%	30% - 40%	40% - 50%	50% - 60%	60% - 70%	70% - 80%
Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9

3. Fin de vie

Durée de vie théorique	5 – 10 ans	10 – 15 ans	15 – 20 ans	20 – 25 ans	25 – 30 ans	Au-delà de 30 ans
Score	0	1	2	3	4	5

	Pièces dissociables	Pièces accessibles	Pièces disponibles sur la durée de vie de l'appareil
Score	+ 1	+ 1	+ 1

	Matériaux recyclables (au moins 30%)	Filière de recyclage en place
Score	+ 1	+ 2

Score total de la fin de vie	
------------------------------	--

4. Transport

Distance entre l'extraction et l'assemblage	Intercontinentale (15000km)	Continentale (2500-5000km)	Nationale (1000km)	Locale (100km)
Score	0	0,1	0,5	5

Distance entre l'assemblage et l'installation	Intercontinentale (15000km)	Continentale (2500-5000km)	Nationale (1000km)	Locale (100km)
Score	0	0,1	0,5	5

Score total du transport	
--------------------------	--

5. Total

Thème	Score PAC A		Coefficient d'impact		Score corrigé PAC A
Fabrication		x	0,08	=	
Transport		x	0,01	=	
Usage		x	0,89	=	
Fin de vie		x	0,02	=	
Total		x	1	=	

Thème	Score PAC B		Coefficient d'impact		Score corrigé PAC B
Fabrication		x	0,08	=	
Transport		x	0,01	=	
Usage		x	0,89	=	
Fin de vie		x	0,02	=	
Total		x	1	=	

Thème	Score corrigé PAC A	Score corrigé PAC B
Fabrication		
Transport		
Usage		
Fin de vie		
Total		