STRATÉGIE
D'ACTIONS

Feuille de route

CHALEUR FATALE · GÉOTHERMIE · POMPES À CHALEUR

Montpellier Méditerranée Métropole

TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE 4
OBJECTIFS ET CHIFFRES CLÉS 4
Objectifs territoriaux 4
Planification nationale 5
Chiffres clés 6

ÉTAT DE L'ART 9
Principes des pompes à chaleur (PAC) 9
Descriptions, avantages et limites 11
Recommandations pour les PAC 17
Gestion des fluides frigorigènes 18
Alternatives aux climatiseurs 19
Autres systèmes spécifiques 21

ACTEURS TERRITORIAUX INSTITUTIONNELS ET ASSOCIATIFS 21

RETOURS D'EXPÉRIENCES ET PLAN D'ACTIONS 23

AIDES FINANCIÈRES 26

INDICATEURS DE SUIVI 27

EN RÉSUMÉ 27
ANNEXE 1 - DÉFINITIONS 28
ANNEXE 2 – LIENS UTILES 28
ANNEXE 3 – CRÉDITS PHOTOS ET ILLUSTRATIONS 29

PRÉAMBULE

La trajectoire de la chaleur renouvelable de notre territoire a été abordée pour le solaire thermique dans le Plan Montpellier Solaire 2050 et pour le bois-chaleur dans la feuille de route dédiée. Ce nouveau document de planification vient compléter ces scénarii en s'intéressant aux autres modes de production de chaleur permettant de se substituer à une énergie fossile, à savoir la récupération de chaleur fatale, les systèmes géothermiques et les pompes à chaleur (PAC) aérothermiques.

OBJECTIFS ET CHIFFRES CLÉS

Objectifs territoriaux

Le Plan Climat Air Energie Territorial solidaire 2021-2026 (PCAETs) fixe des objectifs de baisse des consommations et de hausse des productions d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) **à l'horizon 2050 pour atteindre la neutralité carbone**. Ces objectifs de production EnR&R incluent le bois-chaleur, le photovoltaïque, le biogaz, la récupération de chaleur fatale, le solaire thermique et la géothermie.

Déclinaison opérationnelle du PCAETs, le **Schéma Directeur des Energies** (SDE) adopté en juillet 2023 permet de **planifier la production, la distribution et la consommation des énergies sur le territoire**. Il inclut par ailleurs en plus la **production issue des pompes à chaleur aérothermiques**.

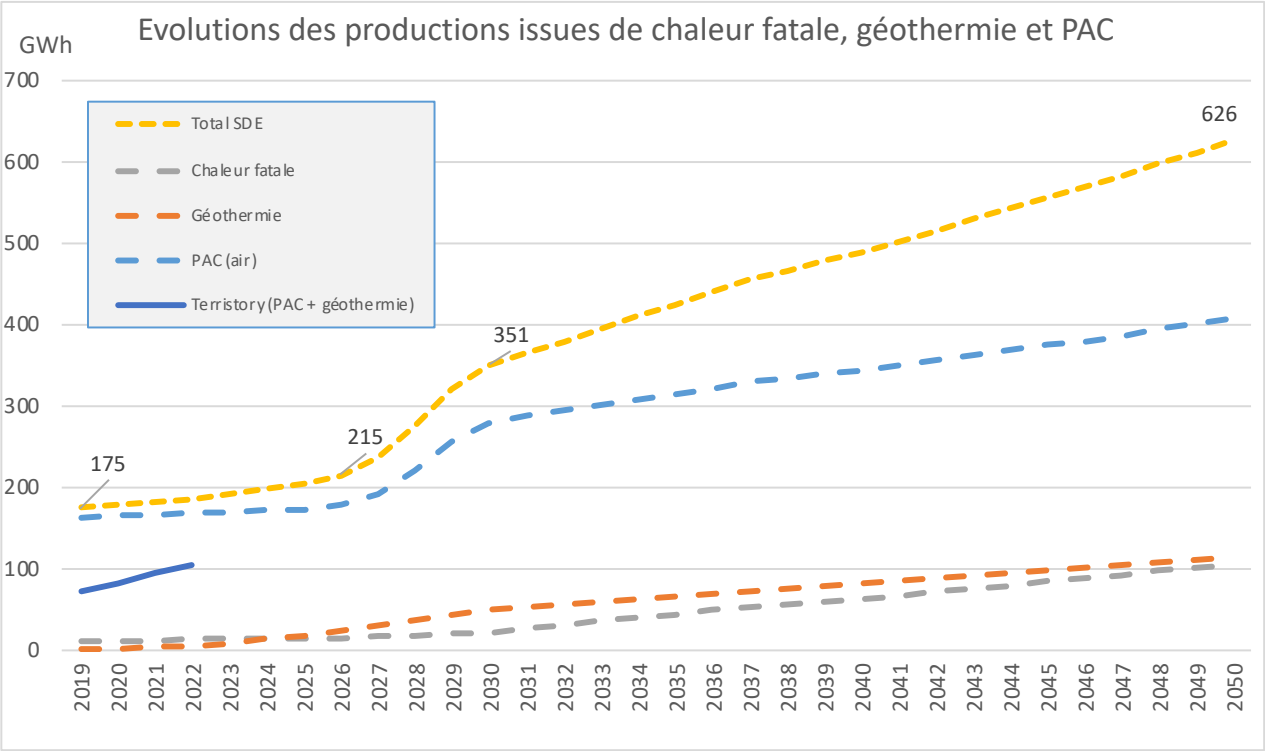
PRODUCTION LOCALE ENR&R + POMPES À CHALEUR	DIAGNOSTIC		SCHÉMA DIRECTEUR DES ÉNERGIES					
	2019		2026		2030		2050	
	472 GWh	5,4 %	661 GWh	8,7 %	975 GWh	15,4 %	2 255 GWh	54,3 %

La trajectoire de production établie par le SDE pour les trois énergies considérées dessine une progression très forte à l'horizon 2050 :

	DIAGNOSTIC	SCHÉMA DIRECTEUR DES ÉNERGIES		
	2019	2026	2030	2050
Chaleur fatale	12 GWh	15 GWh	22 GWh	105 GWh
Géothermie	1 GWh	23 GWh	50 GWh	113 GWh
PAC aérothermiques	162 GWh	177 GWh	279 GWh	408 GWh

La trajectoire pour la récupération de chaleur fatale anticipe une progression constante avec une accélération à partir de 2030.
La trajectoire de la géothermie dessine un doublement de la production entre 2026 et 2030 puis une progression constante.
La trajectoire concernant les pompes à chaleur aérothermique intègre une très forte progression entre 2026 et 2030 avec ensuite une évolution positive plus élevée que les deux autres énergies mais constante jusqu'à 2050.

Ces trajectoires comparées aux données de l'observatoire régional Terristory (Orceo) montrent que si cette courbe de production concernant les PAC air/air et la géothermie est bien en-dessous des objectifs actuels, sa pente est bien plus forte ; ceci permet de penser qu'**une atteinte des objectifs territoriaux dès 2026 est possible**.



Planification nationale

- **Un plan d'action gouvernemental pour accélérer le développement des géothermies a été présenté en février 2023 et actualisé en décembre 2023 :**

Ce plan concerne aussi bien la géothermie de surface que la géothermie profonde (cf. annexe 1 définitions). Il comporte six grands axes dont :

> Affiner le cadre réglementaire,
> Inciter à l'installation de PAC géothermiques dans les secteurs résidentiel et tertiaire,
> Identifier et valoriser des aquifères profonds sous-exploités,
> Sensibiliser et faire monter en compétence les acteurs locaux.

Dans le prolongement de ce plan, le ministère de l'industrie et de l'énergie a **présenté 7 mesures pour développer la géothermie** le 25 juillet 2025 dont un appel à manifestation d'intérêt auprès des collectivités pour caractériser la ressource, une simplification des procédures pour la géothermie de surface, la simplification du stockage calorifique et la pérennisation des animateurs régionaux.

- **Un plan d'action PAC a également été présenté en avril 2024 par le gouvernement avec l'objectif de produire sur le territoire français 1 million de pompes à chaleur à partir de 2027 :**

Il existe actuellement une dizaine de fabricants de PAC en France, dont une entreprise se situant sur le territoire de la Métropole de Montpellier : SDEEC Industries à Saussan. *sdeec-industries.fr* (conception sur mesure de PAC air/eau, eau/eau et géothermiques haute puissance).

Le développement de la filière passe par des actions prioritaires dont :

- Un crédit d'impôts investissement pour la création d'usines de production,
- La mise en place d'une «écoconditionnalité» sur les aides aux PAC, permettant de réserver les subventions aux modèles remplissant des critères vertueux en matière d'impact environnemental ou de conditions de transport,
- Une stratégie achat de l'Etat pour équiper ses bâtiments avec des sources énergétiques plus vertueuses sur le plan environnemental dont les PAC,
- Un soutien financier aux investissements pour accompagner le déploiement des PAC dans l'industrie via les CEE.

- **Pour les 3 filières, les objectifs nationaux du projet de Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE3) soumis à concertation en novembre 2024 restent encore à territorialiser et à arbitrer :**

(TWH)	RÉALISÉ EN 2022	SEUIL BAS 2030	SEUIL HAUT 2030
Chaleur fatale	4,1	23,6	30
Géothermie	5,4	16	16
PAC aérothermiques	41	74	103

Chiffres clés

Au-delà des chiffres de productions énergétiques, il est possible de mesurer **le nombre de ventes d'unités en France et en Occitanie via l'étude Observ'ER - Ademe** : marché des pompes à chaleur 2023. Même si ces chiffres ne sont pas déclinés sur notre territoire, ils permettent de dégager une tendance : la Région Occitanie représente 9 % de la population française mais 20 % de la vente des PAC air/air et seulement 3 % des PAC géothermiques. Ces chiffres indiquent à la fois **une utilisation accrue de la climatisation et à l'inverse un faible déploiement de la géothermie par rapport au territoire national**.

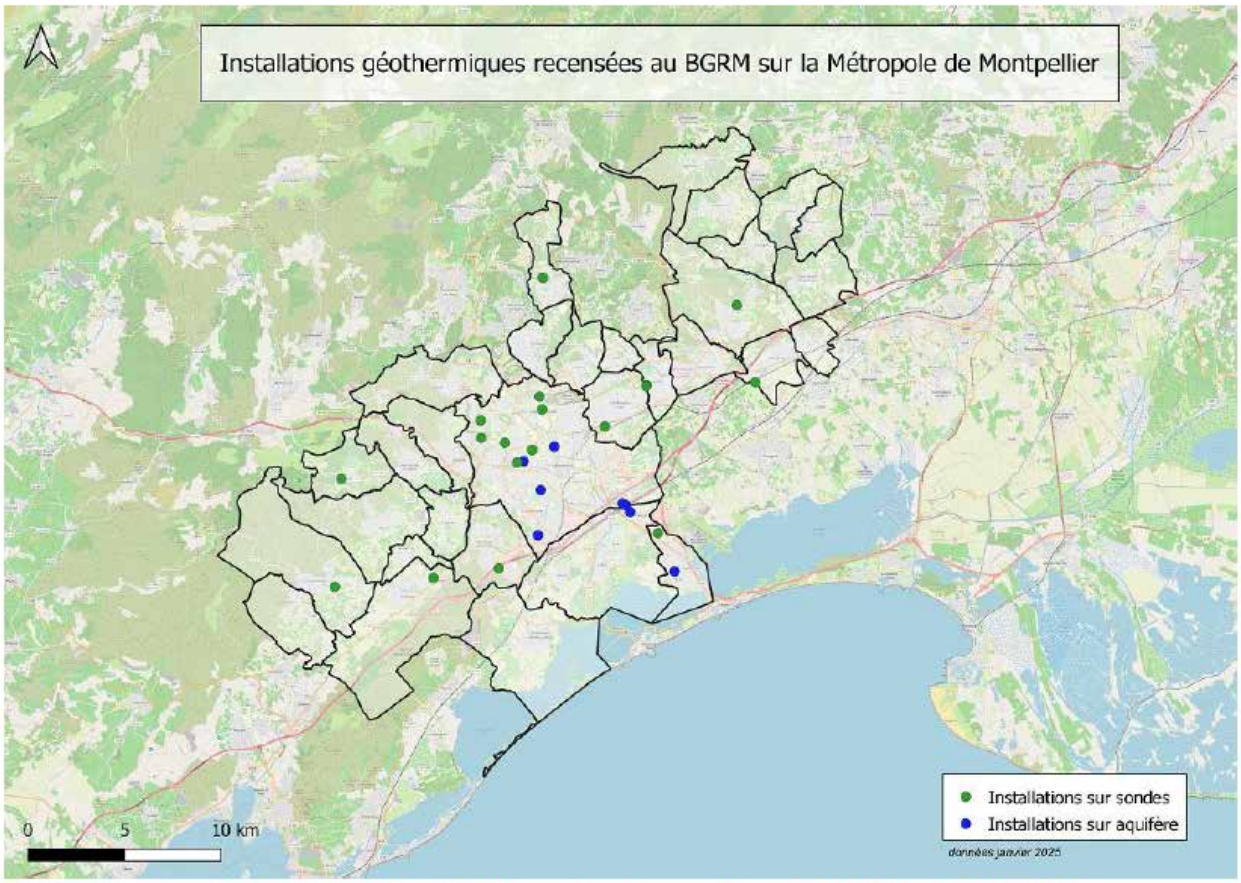
TYPE DE PAC	UNITÉS VENDUES EN FRANCE EN 2023	UNITÉS VENDUES EN OCCITANIE EN 2023
Air/Air	865 940	173 990 (20%)
Air/Eau	302 030	23 740 (8%)
Eau/Eau	880	n.c.
Sol/Eau & Sol/Sol	3 010	100 (3%)
Chauffe-eau thermodynamique	165 500	n.c.
TOTAL	1 337 360	197 830

Il y avait en 2023 **1,2 millions de PAC installées en France métropolitaine.**

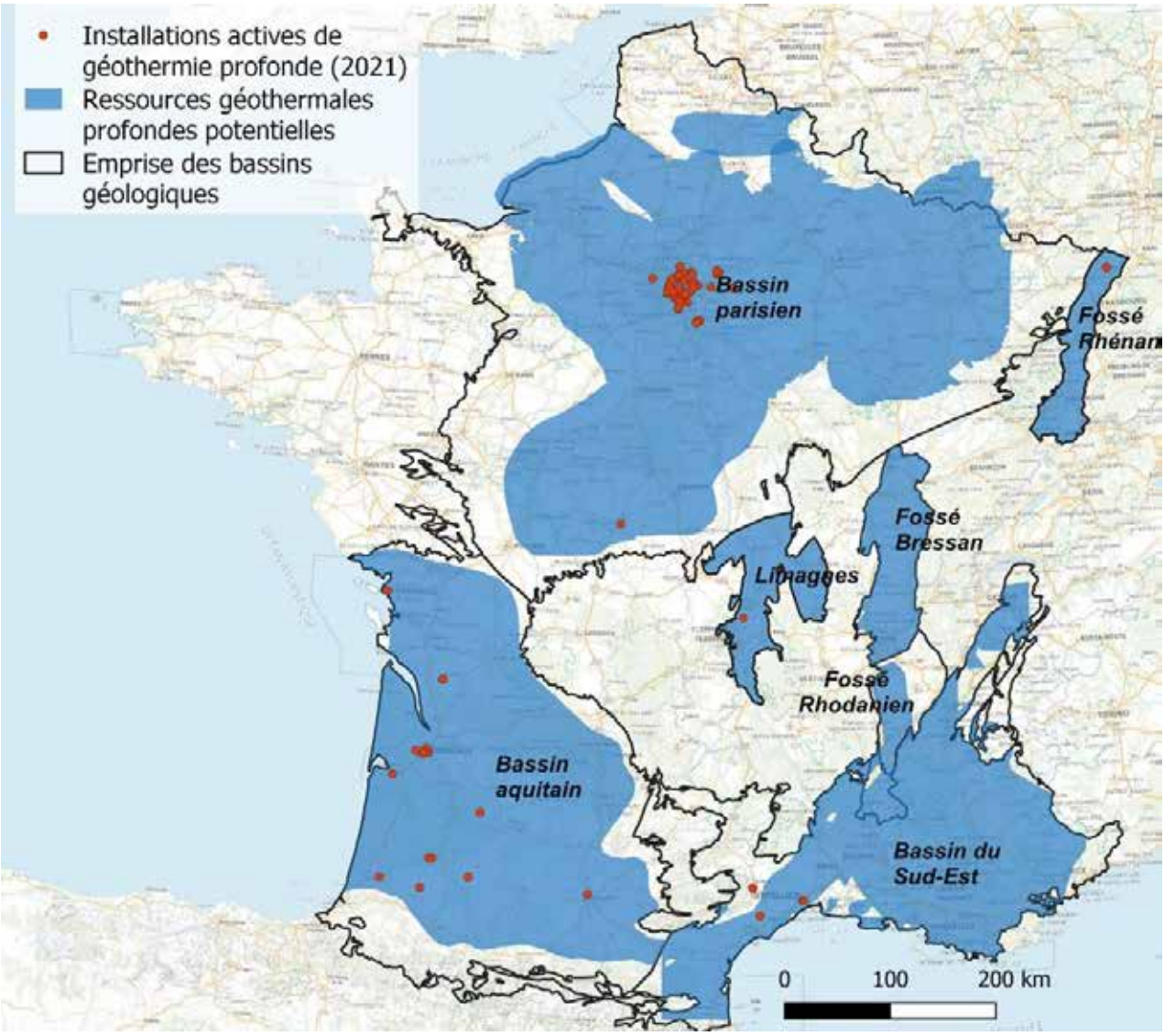
Pour la géothermie, l'AFPG (L'Association Française des Professionnels de la Géothermie) indique dans son rapport 2025 sur les données 2023 qu'il y a **208 000 installations de géothermie en France**. En 2023, 4 150 nouvelles installations ont été réalisées dont 3 900 dans le résidentiel individuel.

Par ailleurs l'observatoire *geothermies.fr* porté par le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) nous permet de recenser sur le territoire de la Métropole **23 sites sur sondes et 8 sites sur aquifère concernant la géothermie de surface**. Ces installations de plus de 10 mètres de profondeur doivent être télé-déclarées depuis juillet 2015 dans la Banque de Données du Sous-Sol (BSS). Une partie des installations plus anciennes ont pu être également intégrées à cet observatoire par les précédentes déclarations et les rapports de fin de travaux.

Sur la Métropole de Montpellier, l'exploitation de ces données permet de construire la carte de répartition ci-dessous :



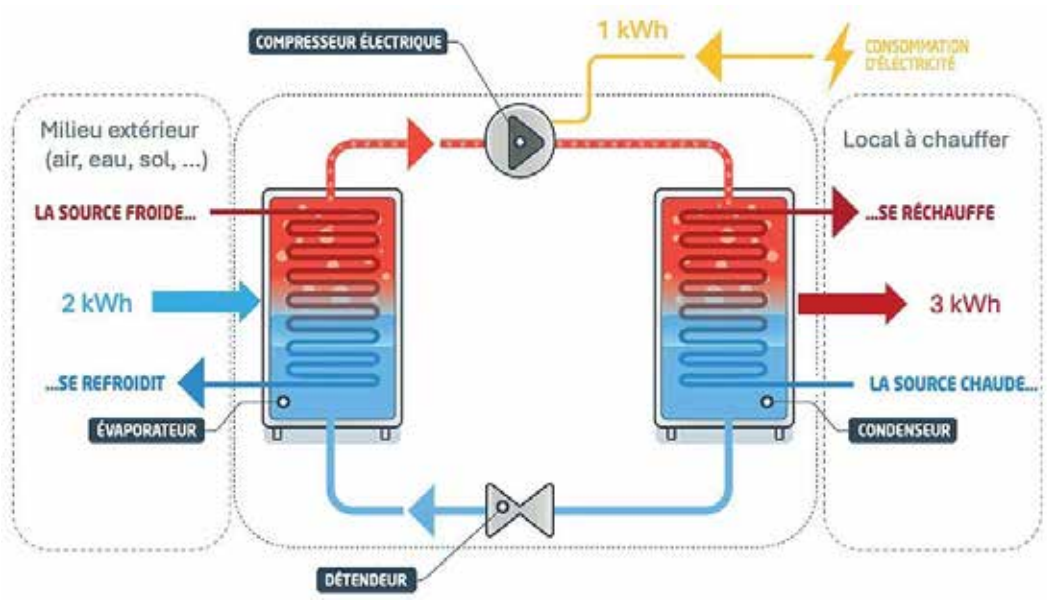
Pour la **géothermie profonde**, une carte nationale du BRGM permet de mettre en évidence le potentiel présent sur notre territoire :



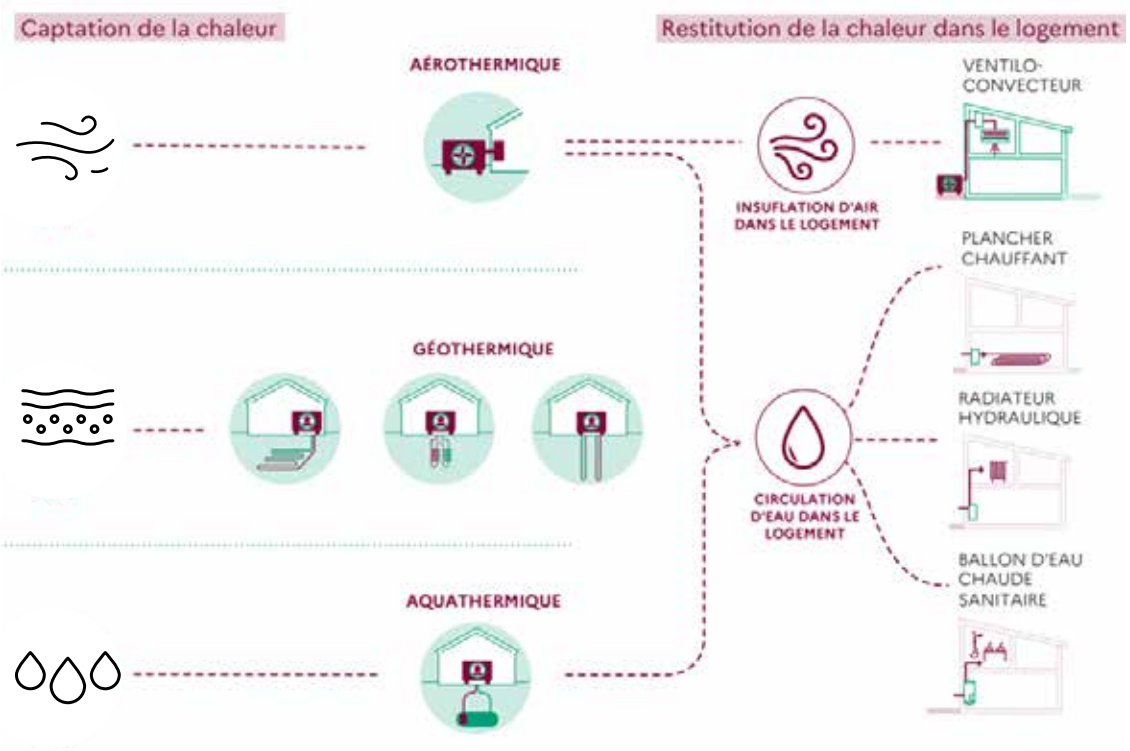
ÉTAT DE L'ART

Principes des pompes à chaleur (PAC)

Une pompe à chaleur (PAC) fonctionne avec de l'électricité et permet de récupérer les calories d'une source extérieure à un bâtiment pour le chauffer. Cette source extérieure peut être de l'air, de l'eau ou le sol. **Si elle fonctionne en mode inversée, la PAC peut alors également refroidir le bâtiment.** Le transfert de chaleur se fait en utilisant un **fluide frigorigène qui permet par son changement d'état** (liquide ou gazeux) de dégager ou au contraire d'absorber de la chaleur.



Les différentes PAC sont identifiées par la source d'origine et la source de restitution de l'énergie : exemple une PAC air/eau signifie que l'on puise l'énergie dans l'air extérieur que l'on restitue dans l'eau du chauffage central. Les différentes sources sont l'air, le sol ou l'eau.



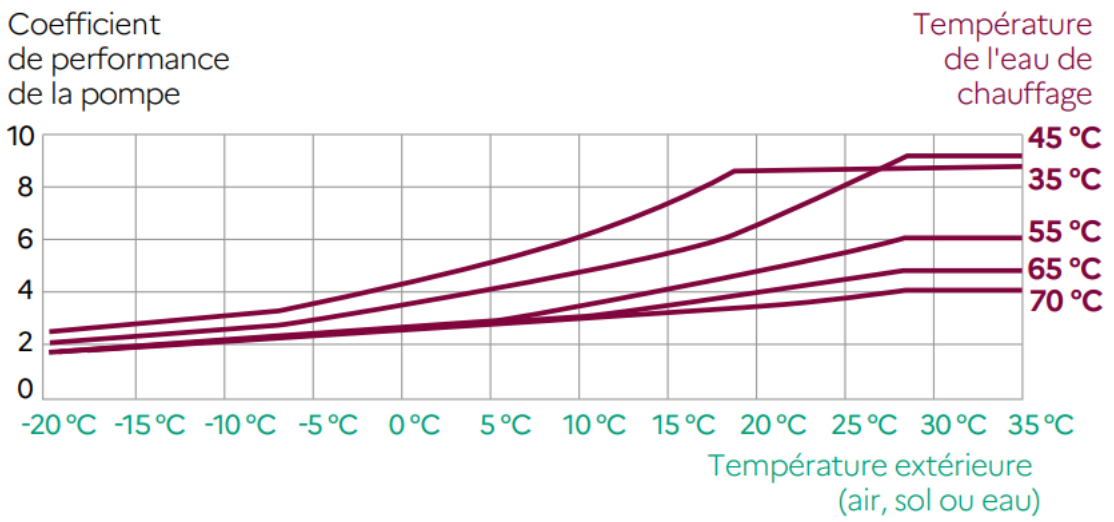
LA PAC, UNE ENR ?

La quantité de chaleur produite par la PAC est supérieure à la quantité d'électricité consommée pour son fonctionnement. Ce rapport est appelé COP, Coefficient de Performance. **Une PAC avec un COP de 3 produira donc 3 kWh de chaleur pour 1 kWh d'électricité consommée**. L'électricité fournie par le réseau français est peu carbonée : l'utilisation des calories de l'air, de l'eau ou du sol permet alors de classer les **PAC dans les énergies renouvelables lorsqu'elles fonctionnent en mode chaleur.** Mais **seuls les systèmes ayant un COP supérieur à 2,5 sont comptabilisés pour l'atteinte des objectifs renouvelables européens.**

Attention cependant aux conditions de pose, d'utilisation et d'entretien de votre PAC : si elles ne sont pas optimales, la PAC peut surconsommer de l'électricité et donc dégrader son COP et le caractère renouvelable du système (voir paragraphe Recommandations pour les PAC).

Les conditions climatiques et la température de l'eau pour le chauffage influent également sur l'efficacité du dispositif comme on peut le voir sur le graphique ci-dessous :

Coefficient de performance COP pour différentes températures d'eau de chauffage



Descriptions, avantages et limites

LA RÉCUPÉRATION DE CHALEUR FATALE

La chaleur fatale est une énergie thermique résiduelle issue d'un procédé technique dont elle n'est pas la finalité et qui est alors diffusée sans être valorisée. Elle est donc par définition neutre en carbone et en émission de gaz à effet de serre. Lorsque l'on met en place un système pour utiliser cette chaleur, elle est aussi dite chaleur de récupération. Un échangeur, qui peut être associé à une PAC, est alors utilisé pour **récupérer les calories perdues liées par exemple aux datacenters, aux eaux grises du réseau, aux processus industriels ou encore aux incinérateurs de déchets ultimes. En résidentiel, il existe également des projets de récupération de chaleur des eaux grises** (douches, lavabos, lave-linges) et noires (toilettes, cuisines) afin de préchauffer l'eau des systèmes de chauffage et d'eau chaude sanitaire via un échangeur thermique.

Echangeur quartier Beausoleil à Montpellier.

CHALEUR FATALE

Avantages

- Permet de **diminuer les émissions de gaz à effet de serre** d'un process - évite l'évacuation de chaleur dans le milieu extérieur
- Indépendant des conditions climatiques

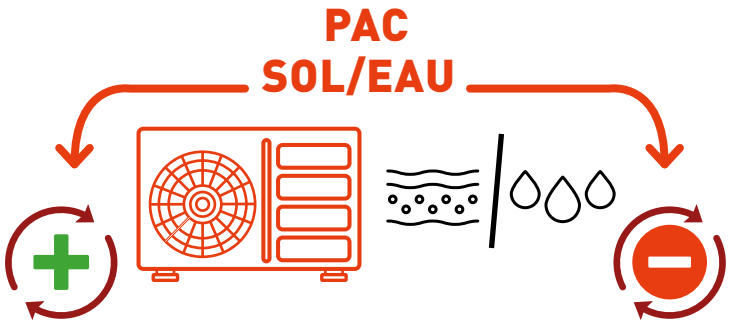
Limites

- La source disponible étant fixe, **le gisement proche de consommations (réseaux de chaleur) doit être dense**
- **La source n'est pas assurée dans le temps :** déménagement du datacenter, amélioration du processus industriel, forte diminution des déchets ultimes...

LES PAC GÉOTHERMIQUES (SOL/EAU, SOL/SOL)

Les PAC géothermiques sol/eau-sol/sol utilisent les calories présentes dans le sol pour les restituer à un système de chauffage central pour un bâtiment ou à un réseau de chaleur. **La géothermie de surface, également appelée « géothermie Très Basse Énergie », permet de tirer parti de l'énergie thermique du sous-sol** jusqu'à 200 mètres de profondeur. La récupération des calories nécessite dans ce cas soit des capteurs horizontaux, soit des forages verticaux. Il existe également la possibilité de recourir à une géothermie basse température avec des forages jusqu'à 2 000 mètres pour valoriser des températures de 30°C à 90°C.

À noter que **la géothermie profonde n'a pas forcement recours à des PAC** mais à des échangeurs thermiques pour récupérer les calories du fluide géothermal extrait par forage. Des PAC peuvent cependant y être associées pour augmenter les performances.

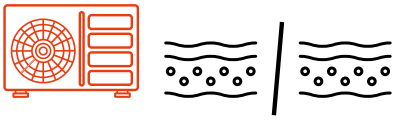


Avantages

- **Bon rendement** qui reste constant tout au long de l'année car la température du sol reste stable : EnR non variable
- Peut permettre de **rafraichir le bâtiment** (géocooling) si la PAC est réversible
- Relativement silencieuse une fois installée (pas d'unité extérieure bruyante)
- **Longévité des systèmes installés** (20 ans)
- **Peu consommatrice de foncier** (hors capteurs horizontaux)
- **Éligible à plusieurs subventions** comme le Fonds Chaleur de l'ADEME ou le FEDER *(voir paragraphe Aides financières)*

Limites

- **Nécessite un terrain suffisamment grand** en cas de capteurs horizontaux
- **Coûts d'investissements élevés** (études de sol, forage)
- **Pour certains sols et sous-sols, la présence de cavités ou leur classement en zone règlementaire orange ou rouge** peuvent compromettre le projet
- **Convient surtout aux systèmes avec des émetteurs basse température** (par exemple radiateurs basse température et avec les planchers chauffants)

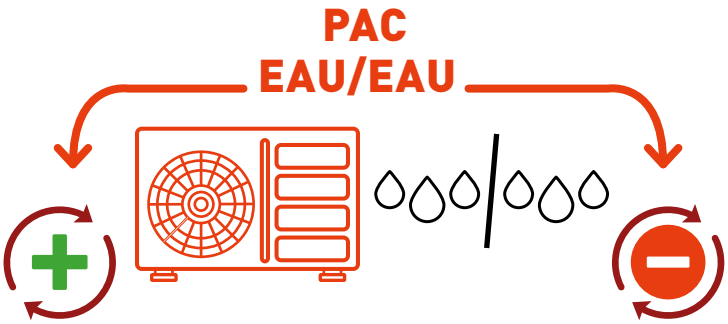


PAC sol/sol (plancher chauffant)

Même avantages et limites que les PAC sol/eau

LES PAC HYDROTHERMIQUES (EAU/EAU) OU AQUATHERMIQUES

Les PAC géothermiques eau/eau peuvent être considérées comme entrant dans la famille des PAC géothermiques. Elles utilisent les calories d'une source d'eau : nappe phréatique, rivière souterraine ou de surface. **Il existe également des PAC sur eau de mer** (PAC sur EDM, encore appelée thalassothermie) qui **fonctionnent sur le même principe théorique que la PAC sur nappe.**



Avantages

- **Bon rendement** constant tout au long de l'année, car la température de la nappe phréatique reste stable : le COP saisonnier peut atteindre 5
- **Convient pour les bâtiments ayant de gros besoins en chauffage**
- **Peu consommatrice de foncier**
- Silencieuse une fois installée (pas d'unité extérieure bruyante)
- **Permet de rafraichir un bâtiment** sans surconsommation
- **Éligible à plusieurs subventions** comme le Fonds Chaleur de l'ADEME ou le FEDER (voir paragraphe Aides financières)
- **Utilise moins de fluide frigorigène que les autres PAC géothermiques** (eau glycolée)

Limites

- **Nécessite la présence d'une nappe phréatique** accessible et exploitable
- **Autorisations administratives obligatoires** pour le captage et le rejet de l'eau
- **Coûts d'investissement élevés** (forage, étude hydrogéologique)
- **Maintenance complexe et risques de colmatage ou d'entartrage** liés à la qualité de l'eau prélevée
- **Convient surtout aux systèmes avec des radiateurs basse température** et des planchers chauffants

LES PAC AÉROTHERMIQUES (AIR/AIR ET AIR/EAU)

Les PAC aérothermiques utilisent les calories de l'air extérieur pour chauffer l'intérieur d'un bâtiment, ou pour le refroidir si elles fonctionnent en mode inversé. Ce sont les PAC les plus vendues en France, notamment chez les particuliers.

Unité extérieure d'une PAC aérothermique.

PAC AIR/AIR

Avantages

- Le marché dispose de **nombreux modèles** permettant de choisir le bon dimensionnement pour le bâtiment à chauffer
- Le dispositif peut servir à **chauffer une partie du bâtiment utilisée par intermittence tout en conservant un autre mode de chauffage avec plus d'inertie pour le reste du bâtiment**
- En remplacement d'un système de chauffage électrique radiant, la PAC permet de faire des **économies d'électricité**

Limites

- Le **rendement baisse** avec les températures extérieures
- **L'air chaud pulsé de l'unité intérieur donne une chaleur peu homogène par rapport à des émetteurs à eau et peut être source d'inconfort**
- L'unité extérieure peut être **source de nuisances sonores** et son **emplacement peut être très contraint** par des règlements liés à sa visibilité
- La multiplication des « clim-réversibles » peut **augmenter l'effet ilot de chaleur urbain** car les unités extérieures rejettent de la chaleur en été.

PAC AIR/EAU

Avantages

- Permet de **conserver une installation à radiateurs existante** en replacement ou en appoint d'une chaudière utilisant une énergie fossile (fioul, gaz) avec une PAC haute température
- Possibilité de **produire de l'eau chaude sanitaire via un ballon intégré ou couplé**

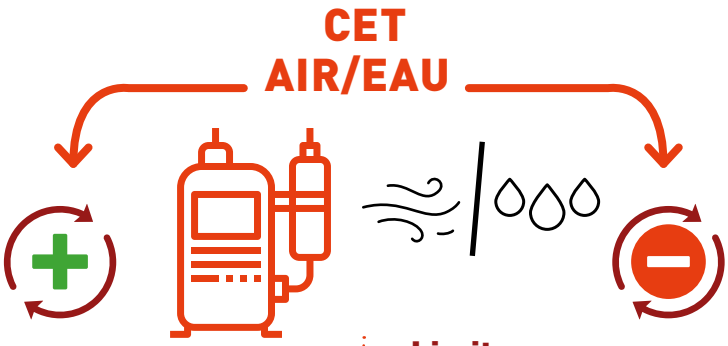
Limites

- Le **rendement baisse** avec les températures extérieures
- Si les **émetteurs ont une surface faible (radiateurs) la température de l'eau devra être importante** ce qui dégradera le COP, contrairement à un émetteur à basse température de type plancher chauffant
- L'**unité extérieure peut être source de nuisances sonores** et son emplacement peut être très contraint par des règlements liés à **sa visibilité**

LES CHAUFFE-EAU THERMODYNAMIQUES (CET)

Les chauffe-eau thermodynamiques ont le même fonctionnement qu'une PAC air/eau mais sont dédiés uniquement à la production d'eau chaude sanitaire. La plupart des chauffe-eau thermodynamiques sont en un seul bloc avec l'unité de la PAC directement liée au ballon d'eau à chauffer. Il existe plusieurs types en fonction de la source utilisée : air extérieur, air intérieur et air extrait (via une VMC).

Ballon thermodynamique de 300 litres.



Avantages

- Le système consomme **moins d'électricité qu'un ballon d'eau chaude électrique**
- Le réglage de consigne de la température de l'eau est digitale et **plus aisée que sur un chauffe-eau électrique**
- **L'installation d'un ballon thermodynamique suffit pour valider la présence d'une EnR pour la RE2020**

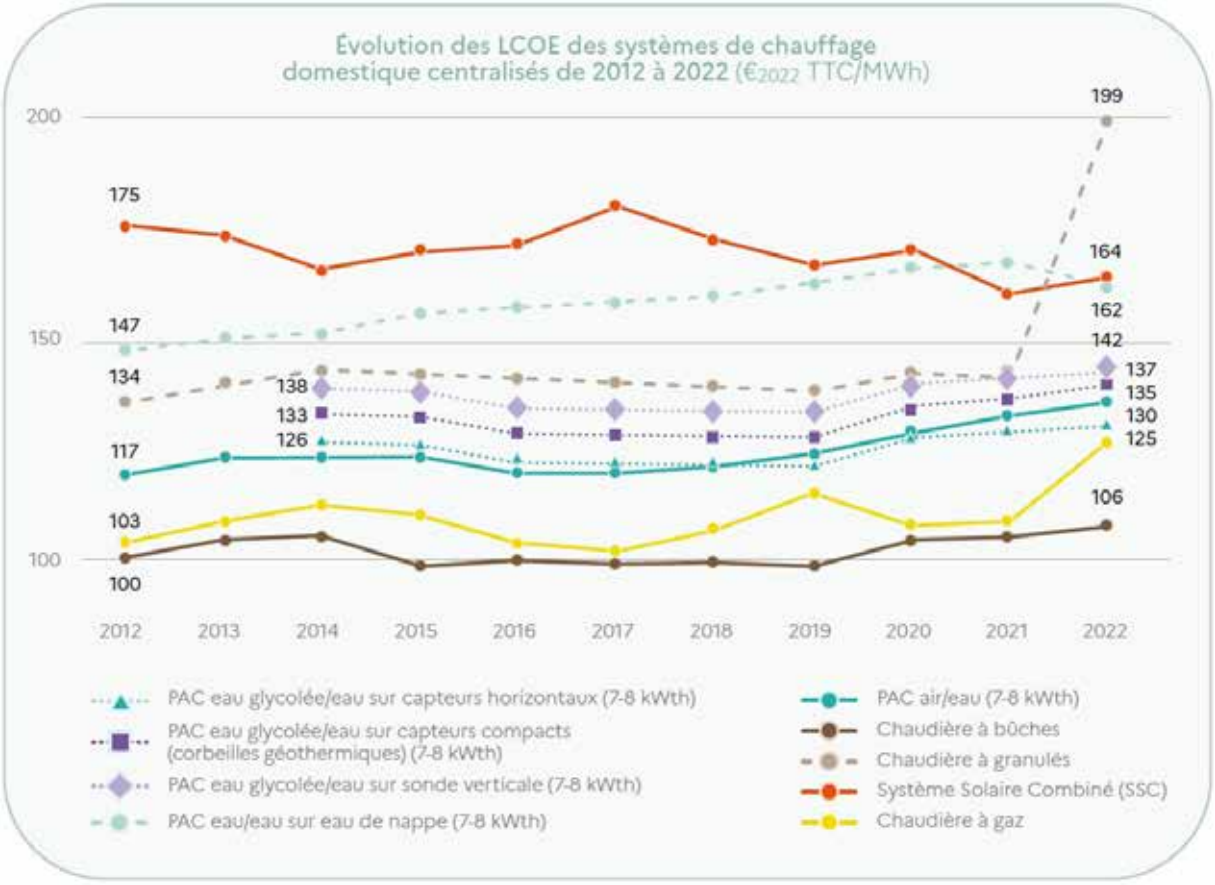
Limites

- Son **prix est plus élevé qu'un ballon d'eau chaude électrique** : le système n'est pas rentable si la consommation d'eau est faible
- Il est **plus encombrant** qu'un ballon d'eau chaude électrique et impose le percement du mur lorsque l'on est en mode « air extérieur »
- Son fonctionnement est **bruyant à l'intérieur** même du logement lorsqu'il est en un seul bloc (PAC et ballon)
- **Lorsqu'il fonctionne sur air intérieur (air ambiant) il rafraichit le local** dans lequel il est installé et peut générer des surconsommations de chauffage en hiver.

Comparatif des prix par type de PAC avec une puissance de 7 à 8 kW (résidentiel) :

TYPE DE PAC	PRIX MOYEN SANS POSE	PRIX MOYEN DE LA POSE
Air/Air	4 200 à 12 800 €	700 à 3 800 €
Air/Eau	4 500 à 13 000 €	700 à 3 150 €
Eau/Eau	10 200 à 14 150 €	1 000 à 3 500 €
Sol/Eau	8 000 € à 12 000 €	1 500 à 3 500 €
Sol/Sol	4 000 € à 11 000 €	1 000 à 2 500 €

Les prix incluent un ballon d'eau chaude de 200 litres - Observ'ER – Observatoire des EnR 2024



Comparatif des coûts actualisés des énergies entre 2012 et 2022 @ADEME

Le comparatif sur 10 ans des coûts actualisés des énergies met en évidence une certaine stabilité liée à l'utilisation de PAC géothermiques et aérothermiques contrairement à l'utilisation du gaz qui a subi une forte hausse en 2022, de même que ponctuellement les granulés bois, liée au contexte énergétique de la guerre en Ukraine.

Recommandations pour les PAC

Les pompes à chaleur, qu'elles soient aérothermiques ou géothermiques, doivent bénéficier de bonnes conditions d'installation, d'utilisation et d'entretien pour conserver un coefficient de performance élevé.

Le choix du matériel :

- Le **dimensionnement de la PAC est fondamental**, les besoins énergétiques du bâtiment doivent être calculés afin d'éviter un surdimensionnement ou au contraire un sous-dimensionnement.
- **Choisir une PAC avec un COP constructeur élevé :** au moins 3 pour une PAC aérothermique, au moins 4 ou 5 pour une PAC géothermique.
- **Choisir une PAC avec un engagement du fabriquant sur la qualité du produit :** label NF PAC de l'AFAQ-AFNOR CERTIFICATION ou la certification EUROVENT.

Lors de l'installation :

- Faire appel à un **professionnel qualifié avec une Qualification RGE** : QualiPAC (chauffage et ECS ou CET), Qualiforage (sonde ou nappe), Qualibat, Qualifelec PAC
- Suivre les bonnes pratiques du guide d'intégration des climatiseurs de la Mission Grand Cœur de la Ville de Montpellier :
- Il existe également une norme d'implantation NF DTU 65.16 « Installation de pompes à chaleur » qui fournit des prescriptions techniques de mise en œuvre.

L'entretien :

- L'**entretien régulier permet de maintenir les performances** d'une PAC. Il est **obligatoire par un professionnel RGE** au moins tous les deux ans pour les PAC d'une puissance entre 4 et 70 kW.
- Un **contrôle annuel** pour vérifier l'étanchéité du circuit est obligatoire pour les PAC contenant plus de 2 kg de fluide frigorigène.
- Le **prix moyen varie entre 130 et 300 € par intervention** en fonction du type de PAC et du prestataire choisi.

L'usage :

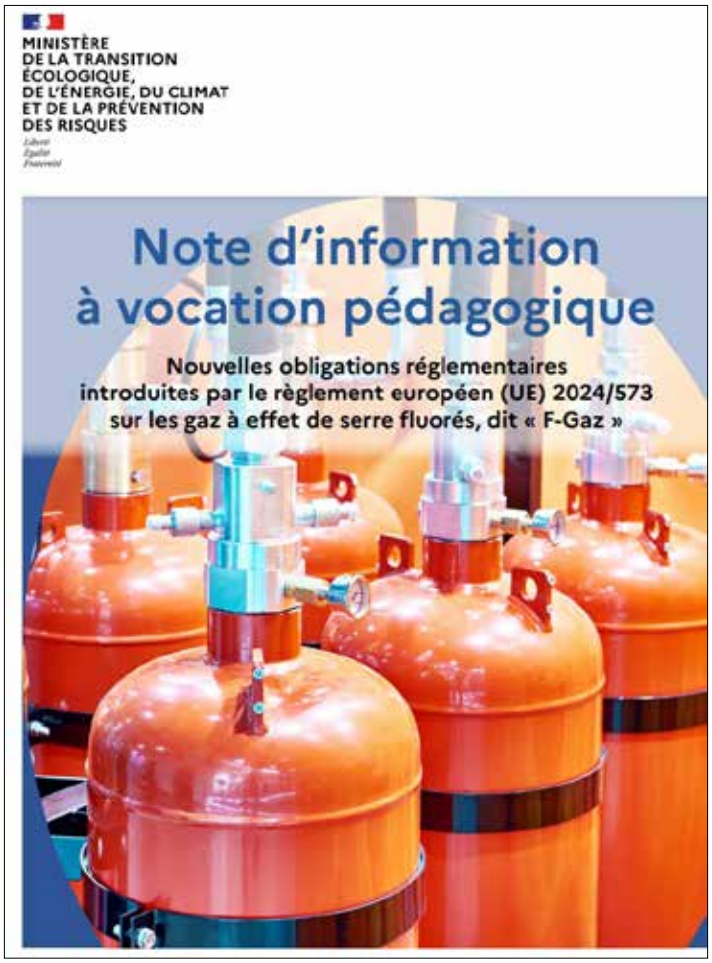
- Pour conserver son COP, la **PAC a besoin d'être utilisée dans les conditions prévues lors de son dimensionnement**. Ainsi la **sobriété doit être privilégiée en chaud comme en froid** et donc les consignes de températures respectées : **19°C pour le chauffage et 26°C pour la climatisation**.
- La température maximum que peut fournir par elle-même une PAC sans appoint est de 55-60°C. Au-delà, la pression du fluide frigorigène devient trop élevée. Il faut donc **toujours s'assurer que la température en sortie de PAC sera inférieure à ces 55-60°C** c'est-à-dire privilégier des émetteurs basse température de type plancher chauffant ou radiateur à chaleur douce.

Gestion des fluides frigorigènes

Le fluide frigorigène circulant dans une pompe à chaleur est le fluide caloporteur qui récupère les calories du milieu extérieur (de l'air, du sol ou de l'eau) et qui par ses changements d'état successifs appelés changement de phase (liquide-gazeux et inversement) permet de restituer ou au contraire prélever les calories du bâtiment équipé.

Il existe plusieurs types de fluides frigorigènes et certains d'entre eux sont des puissants gaz à effet de serre (jusqu'à 2 000 fois plus que le CO^2) et ont donc un potentiel de réchauffement global (PRG) important s'ils s'échappent du système installé. Les fluides fluorés utilisés il y a quelques années étaient eux responsables en grande partie de l'affaiblissement de la couche d'ozone. Le protocole de Montréal en 1987 a permis de d'interdire l'utilisation des fluides CFC (chlorofluorocarbures) comme le R12 et HCFC (hydrochlorofluorocarbures) comme le R22.
Concernant les fluides actuellement utilisés, la **règlementation européenne (F-Gaz) impose de vérifier régulièrement les installations** pour détecter les éventuelles fuite de gaz et de documenter la réparation correspondante. Toute vidange implique un recyclage total du fluide. La liste des fluides classés comme ayant un haut potentiel de réchauffement est régulièrement mis à jour par la règlementation et des fluides de remplacement sont alors préconisés comme de type HFO (Hydrofluorooléfines) comme le R-1234yf ou de type naturel comme le R290 (propane) et le R-717 (ammoniac).

Une note d'information complète sur les obligations règlementaires liées à la règlementation F-Gaz est disponible sur le site du ministère de la transition écologique :



Alternatives aux climatiseurs

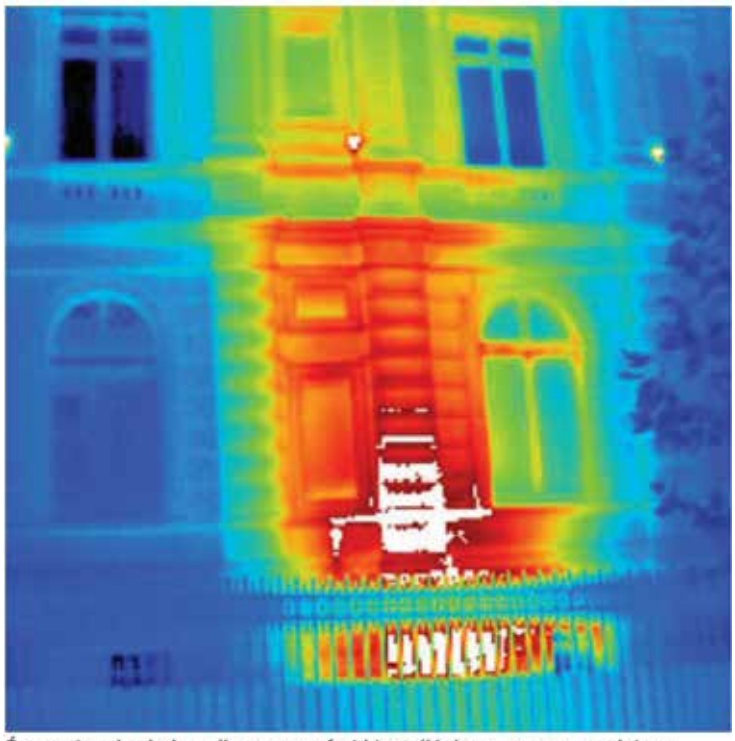
Les surchauffes estivales deviennent un élément primordial à la fois dans le confort des usagers et dans les consommations d'énergie du bâtiment. Les solutions passives sont ainsi à privilégier avant le recours aux climatiseurs afin de rester dans une logique de sobriété énergétique et d'éviter de contribuer aux effets d'îlot de chaleur urbain.

Dans le neuf, les solutions passives peuvent être intégrées :

- **Conception bioclimatique :** orientation des ouvertures, compacité du bâti, ventilation naturelle traversante, VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) performante.
- **Protections solaires :** brise-soleil, volets, stores extérieurs.
- **Inertie thermique :** choisir une isolation thermique par l'extérieur avec des isolants proposant un fort déphasage comme la ouate de cellulose ou les panneaux de bois (polystyrène expansé à écarter). Choisir pour les parois des matériaux de construction lourds et absorbants, murs en pierre, enduits à la chaux, briques plâtrées.
- **Végétalisation du jardin, de la terrasse ou du balcon** qui permet d'apporter de l'ombrage mais aussi de rafraîchir l'atmosphère grâce à l'évapotranspiration.

Dans l'existant, des solutions peuvent aussi améliorer le confort d'été :

- **Brasseurs d'air (ventilateurs de plafond) :** consommation faible et confort accru (la température ressentie est abaissée de 2 à 3°C selon l'ADEME).
- **Occultations efficaces :** stores extérieurs, rideaux thermiques.
- **Végétalisation du jardin, de la terrasse ou du balcon. Arroser les plantes le soir.**
- **Surventilation nocturne :** ouverture des fenêtres et les portes intérieures la nuit pour faire circuler l'air. Avoir une VMC bien entretenue.
- **Diminuer les apports de chaleur :** cuisine sans cuisson, extinction des appareils et des veilles inutiles ou inutilisés.



Émanation de chaleur d'un groupe froid installé dans une cour anglaise – avenue Carnot, Paris 8e.

LE PUITS CLIMATIQUE OU PUITS GÉOTHERMIQUE

est une solution adaptée pour les bâtiments disposants de surfaces au sol disponibles attenantes.
Le principe de fonctionnement est de faire circuler l'air extérieur dans des tubes enterrés à une profondeur où la température du sol varie peu, typiquement entre 2 et 4 mètres. Au contact du sol l'air se rafraîchit en été. Il pénètre ensuite dans l'habitat grâce à une ventilation.

Le puits climatique est qualifié de « canadien » lorsqu'il permet d'insuffler de l'air chaud dans l'habitat (fonctionnement hivernal) ou de « provençal » lorsque cet air permet de refroidir la température intérieure (fonctionnement estival).

Avantages

- **Solution écologique et économique** car n'utilise que très peu d'électricité
- **Dispense de l'installation d'un système de climatisation**
- **Pas de gestion de fluide frigorigène**

Limites

- **Soin à apporter dans la mise en œuvre du puits** qui doit présenter une pente minimale afin de permettre l'écoulement des condensats. Le revêtement du puits doit être adapté afin d'éviter une prolifération bactérienne et la pollution de l'air intérieur. L'étanchéité doit également être complétement assurée pour éviter l'infiltration de polluants nocifs comme le radon.
- **Température « de consigne » pas toujours atteignable en fonctionnement estival :** il s'agit d'un rafraichissement et non d'un système intégral de refroidissement

Autres systèmes spécifiques

Certaines technologies innovantes ou spécifiques peuvent compléter l'offre de solutions thermiques :

- **Thermofrigopompe :** c'est une PAC qui permet de cumuler à la fois la production de froid et la production de chaud. Il existe trois modes principaux : un mode chauffage, un mode rafraîchissement et un mode simultané qui permet de produire à la fois de l'eau chaude et de l'eau froide. Il y a donc 2 circuits de distribution distincts. La chaleur perdue de la PAC est alors récupérée ce qui augmente le COP mais rend l'installation plus onéreuse.
- **PAC à absorption :** elle utilise une source de chaleur (le plus souvent à partir du gaz, plus rarement à partir de chaleur fatale et expérimentalement à partir de solaire thermique) à la place de l'électricité. Elle peut être adaptée aux sites industriels ou aux zones non raccordées au réseau électrique. Cette PAC est plus silencieuse et consomme moins d'électricité grâce à sa compression thermique.
- **PAC hybride :** elle vient en appui d'une chaudière existante. Elle chauffe l'eau qui va alimenter les circuits de chauffage et d'eau chaude et la chaudière prendra le relais lorsque les conditions climatiques diminuent les performances de la PAC.

ACTEURS TERRITORIAUX INSTITUTIONNELS ET ASSOCIATIFS

L'ADEME, l'Agence de la transition écologique, porte en 2025 un budget de 800 millions d'euros pour le Fonds Chaleur avec 3 missions : le conseil, l'accompagnement des études préalables et le financement des projets d'énergies renouvelables thermiques et de récupération. La démarche EnR'Choix précise les priorités pour l'attribution de cette aide avec une mise en avant de la récupération de chaleur fatale et de la géothermie.

L'ADEME participe également à l'animation des réseaux locaux des filières EnR.

Le syndicat Hérault Energies et la CCI Hérault sont, pour le département, l'opérateur du fonds chaleur de l'Ademe.

Ils proposent également conseil, accompagnement et une animation de réseaux.

L'Agence Régionale Energie Climat porte pour la Région Occitanie l'animation régionale géothermie : constitution d'un centre de ressources, animation de la filière et accompagnement technique. Elle porte également l'Observatoire Régional Climat Energie en Occitanie (ORCEO) alimentant les indicateurs de suivi locaux.

Suite... Acteurs territoriaux institutionnels et associatifs

Les sociétés SERM, société d'économie mixte, et SA3M, société publique locale, regroupées au sein du GIE Altémed mettent en œuvre les projets urbains et d'EnR de la Métropole de Montpellier ainsi que de ses communes actionnaires. Le groupe déploie également les réseaux de chaleur et les boucles tempérées sur la Métropole.

Le bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) est un établissement public, centre de ressource pour les données du sol et du sous-sol. Il met à disposition les cartographies des potentiels et des projets de géothermie.

La Métropole de Montpellier a créé une dynamique de « rencontres EnR » avec l'écosystème local regroupant plusieurs entreprises et sièges de groupes majeurs des énergies renouvelables. Il est structuré autour de groupes de travail qui ont été mis en place en 2025 sur la formation, l'innovation, l'attractivité et le rayonnement. Une charte d'engagement a été proposée et signée par de nombreux acteurs lors des 2e rencontres du 10 juillet 2025 pour contribuer à la dynamique commune.

L'Agence Local de l'Energie et du Climat (ALEC Montpellier Métropole) délivre des conseils aux particuliers sur leurs rénovations incluant le choix d'une énergie renouvelable. Elle communique également sur ces énergies via son site internet, des webinaires et des conférences.

L'université de Montpellier – Laboratoire Géosciences - CNRS mène des recherches sur les géoressources et l'environnement et noue des partenariats pour développer la connaissance du sous-sol montpelliérain.

L'Association française des professionnels de la géothermie (AFPG) fédère nationalement et localement les professionnels, informe les collectivités, les industriels et les particuliers, fait la promotion des métiers de la géothermie et de la filière française.

Le pôle de compétitivité DERBI-CEMATER, dont la Métropole de Montpellier est partenaire financeur, a pour missions de développer l'innovation, la formation, le transfert de technologie, le développement et la création d'entreprises dans les domaines de la transition énergétique.

RETOURS D'EXPÉRIENCES ET PLAN D'ACTIONS

Récupération de chaleur fatale

>> Périmètres concernés localement

Principalement les réseaux de chaleur et de froid.

>> Retours d'expériences

Le réseau de chaleur du quartier Beausoleil à Montpellier est en partie alimenté depuis novembre 2020 par la récupération de la chaleur perdue par les eaux usées (entre 16,5 et 21,8°C). Elle permet de produire une eau à 70°C.

Le quartier Eurêka à Castelnau-le-Lez est desservi depuis 2020 par une boucle d'eau tempérée à une température moyenne de 25°C, alimentée par la récupération de chaleur issue d'un datacenter proche. Elle fournit eau chaude sanitaire, chauffage et rafraichissement grâce aux sous-stations équipées en thermo-frigo-pompes dans chaque ilot. À terme 1 800 logements et 140 000 m² de bureaux et commerces et un EHPAD seront alimentés par cette boucle.

>> Actions

Faire connaitre les installations existantes du territoire au grand public et aux autres collectivités via des supports de communication

Valoriser la chaleur perdue liée au traitement des eaux usées par la station d'épuration MAERA à Montpellier via un réseau de chaleur. Projet de 1,5 MW

Dans le cadre du processus de dialogue citoyen ayant eu lieu du 27 novembre 2024 au 27 mars 2025 et de sa prolongation sous la forme d'un comité représentatif des communes de la Métropole, évaluer la possibilité de valoriser la chaleur produite à partir de combustibles solides de récupération (CSR) issus de déchets non dangereux et non recyclables pour alimenter le réseau de chaleur des Grisettes à Montpellier.

Géothermie

>> Périmètres concernés localement

Secteur résidentiel, tertiaire et industriel, réseaux de chaleur.

>> Retours d'expériences

Le site archéologique Lattara – Musée Henri Prades à Lattes est équipé depuis 2013 d'une PAC géothermique sur aquifère d'une puissance de 170 kW associée à des ventilo-convecteurs.

La reconstruction partielle et l'extension du groupe scolaire de Prades le Lez, reconnue Bâtiment Durable Occitanie niveau Or pour sa phase conception en octobre 2023, est en cours depuis avril 2024 jusqu'à la livraison prévue en juin 2026. Le chauffage de la maternelle sera assurée par une PAC géothermique eau/eau de COP 4,75 avec une puissance de 25 kW et plancher chauffant.

Le réseau de chaleur du quartier Cambacérès à Montpellier est alimenté par la plus grande centrale géothermique sur nappe de France. Inauguré en 2024, le réseau via 2,5 kilomètres de canalisations souterraines desservira à terme 450000 m² de bâtiments. Projet porté par Altémed- SA3M.

L**a rénovation en cours en 2025 du groupe scolaire à Murviel-les-Montpellier** est reconnue Bâtiment Durable Occitanie niveau Argent pour sa phase conception, avec mise en place d'une géothermie sur sondes verticales : PAC eau/eau de 35 kW avec COP de 5,2 couvrant 85% des besoins en chaud.

L'immeuble de bureaux Le Liner (10900 m²) à Pérols a été livré et raccordé en 2014 à une installation géothermique : 36 sondes ont été implantées sous le bâtiment et le parking à une profondeur de 99 mètres. Projet porté par Altémed- SA3M.

La construction de l'**école Hypathie (livraison septembre 2025) à Montpellier** s'accompagne de la mise en place d'une géothermie par sondes avec deux PAC de 35 kW (COP max 5,1) pour le chauffage avec des radiateurs et pour le refroidissement (COP max 9,3) avec des VMC double flux.

>> Actions

Dynamiser la filière géothermique via le groupe de travail « territoire démonstrateur et innovant » du collectif EnR porté la Métropole : celui-ci s'est réuni une première fois en juin 2025 et va poursuivre ses travaux et ses propositions suite aux 2e rencontres EnR tenues le 10 juillet 2025 à la Halle de l'Innovation et où plusieurs entreprises ont signé une charte d'engagement dans cette dynamique.

S'inscrire dans la démarche d'animation régionale portée par l'ADEME et la Région Occitanie, en particulier avec la création d'un club géothermie via l'AREC ainsi que l'animation départementale portée par la CCI et le Syndicat Hérault Energies. La Métropole a participé à la journée des Rencontres Régionales Géothermie en Occitanie du 30 septembre 2025.

Développer les projets géothermiques sur les bâtiments de la Ville et de la Métropole de Montpellier via le schéma directeur des énergies renouvelables du patrimoine piloté par le Pôle Patrimoine Immobilier et Sobriété Energétique.

Communiquer sur les projets géothermiques des communes lors de réunions thématiques ou lors du groupe de travail énergie & climat porté par la Métropole permettant ainsi de partager les retours d'expérience auprès des autres communes.

Créer un cadastre géothermique, sur le modèle du cadastre solaire, permettant de visualiser sur une carte du territoire le potentiel géothermique à la maille d'une parcelle et de disposer de recommandations et de conseils associés.

Renforcer les partenariats scientifiques avec le CNRS et le laboratoire Géosciences de Montpellier.

Communiquer sur la géothermie via un webinaire à destination du grand public, des services techniques et des élus des 31 communes de la Métropole.

Répondre au futur appel à manifestation d'intérêt gouvernemental auprès des collectivités territoriales en vue de recenser les acteurs locaux intéressés, les projets potentiels et leur répartition géographique.

PAC aérothermiques

>> Périmètres concernés localement

Secteur résidentiel, tertiaire et industriel.

>> Retours d'expériences

Les incubateurs de start-up de la Métropole de Montpellier sont équipés de PAC aérothermiques réversibles pour le chauffage et la climatisation. Cap Omega et Cap Alpha en PAC air/air et le MIBI en PAC air/eau. Les fortes consommations d'électricité associées ont pu être compensées en partie (23%) pour le bâtiment de Cap Omega avec l'installation de 133 kWc de panneaux photovoltaïques en autoconsommation individuelle dès septembre 2018.

La Cité des Arts (conservatoire à rayonnement régional) de Montpellier a été reconnue Bâtiment Durable Occitanie niveau Argent en phase Réalisation en mars 2022. Pour le chauffage et le refroidissement une PAC air/eau a été mise en place avec un COP de 2 associée à des poutres à induction, des radiateurs et des planchers chauffant. 70 kWc de panneaux photovoltaïques en autoconsommation individuelle permettent de compenser une partie des consommations électriques associées.

>> Actions

La solution PAC aérothermique est étudiée avec les autres systèmes de chauffage par l'ALEC Montpellier Métropole lors de son accompagnement des projets de rénovations performantes des particuliers et des communes.

Communiquer sur la bonne utilisation des PAC avec l'ALEC Montpellier Métropole via un webinaire dédié. Associer la thématique des chauffe-eau thermodynamiques.

Etudier et préconiser lors de rénovations de bâtiments le couplage solaire photovoltaïque avec la mise en place d'une PAC, permettant ainsi de maximiser l'autoconsommation.

AIDES FINANCIÈRES

Pour les entreprises et les collectivités :

- **Le Fonds Chaleur de l'ADEME, spécialement conçu pour les entreprises, les collectivités, les associations et le secteur résidentiel, finance jusqu'à :**
  - > 70 %* des études de faisabilité,
  - > 80 %* des investissements EnRth&R (dont la géothermie),
  - > 30 %* des investissements pour la récupération de chaleur fatale.

  Dans l'Hérault ce sont la CCI et le syndicat Hérault Energies qui sont les opérateurs du Fonds Chaleur.

  ** dépend de l'activité et de la taille de la structure ainsi que la nature du projet.*

  Toutes les informations sont disponibles sur le site https://agir.ademe.fr
- **Taux de TVA réduit à 5,5 %** concerne les travaux de rénovation ou d'amélioration de la performance énergétique.
- Certificats d'Économie d'Énergie (CEE) : des fiches d'opération standardisées dédiées aux 3 filières chaleur fatale, géothermie et PAC permettent pour les entreprises et les collectivités de bénéficier du dispositif concernant les opérations sur leur patrimoine remplissant les critères. Exemples : BAR-TH-104 « Pompe à chaleur de type air/eau ou eau/eau », BAR-TH-170 « Récupération de chaleur fatale issue de serveurs informatiques pour l'eau chaude sanitaire collective » ou BAT-TH-140 «Pompe à chaleur à absorption de type air/eau ou eau/eau ».
- Pour les collectivités, **les dispositifs DETR (Dotation d'Équipement des Territoires Ruraux) et DSIL (Dotation De Soutien A L'investissement Local)** sont portés par les préfectures. Le taux de subvention pour les installations EnR est de 20% à 70%.
- Le **FEDER (Fonds Européen de Développement Régional)** permet de financier des projets de production EnR dont la géothermie et la valorisation de la chaleur de récupération.
- **L'aide régionale** au développement des installations géothermiques qui peut s'élever jusqu'à 30% des dépenses éligibles avec un maximum de 45 000 €.

Pour les particuliers :

- **MaPrimeRénov'** est portée par l'ANAH avec l'accompagnement d'un conseiller France Rénov', et apporte une aide dans le cadre d'une rénovation thermique ambitieuse d'un particulier ou d'une copropriété et suivant les revenus : par exemple 6 000 € à 11 000 € pour une PAC géothermique, 3 000 € à 4 000 € pour une PAC air/eau. La Métropole de Montpellier abonde cette subvention avec l'aide Plan Climat allant de 1 300 € jusqu'à 2 600 € si la rénovation permet d'atteindre 40% d'économie énergie et en fonction de la typologie du logement.
- **Taux de TVA réduit à 5,5%** concerne les travaux de rénovation ou d'amélioration de la performance énergétique.
- **Certificats d'Économie d'Énergie (CEE) :** le dispositif « coup de pouce chauffage » financé par les CEE permet de recevoir une prime pour le remplacement d'une chaudière au charbon ou au fioul ou au gaz ou à condensation par une PAC géothermique ou aérothermique. Cette prime est soumise à des conditions de ressources et à la réalisation de l'installation par un professionnel RGE (voir paragraphe Recommandations pour les PAC).
- **Éco-prêt à taux zéro :** jusqu'à 50 000 € pour des bouquets de travaux permettant d'atteindre au moins 35 %. Jusqu'à 25 000 € la réalisation de deux des sept actions éligibles dont l'installation d'équipements de chauffage et d'équipements de production d'eau chaude sanitaire utilisant une source d'énergie renouvelable. Il est cumulable avec les autres dispositifs.

INDICATEURS DE SUIVI

INDICATEUR	SOURCE	ÉTAT DE L'INDICATEUR
Production en énergie des PAC aérothermiques et géothermiques sur la Métropole de Montpellier (en GWh)	Observatoire Terristory (ORCEO Occitanie)	105 GWh en 2022
Nombre d'installations géothermiques de surface (> 10m de profondeur) sur la Métropole de Montpellier	BRGM/geothermie.fr	23 sur sondes 8 sur aquifères (31/01/2025)
Nombre d'unités de PAC aérothermiques vendues en Occitanie	Observ'ER	197 730 en 2023
Nombre d'unités de PAC géothermiques vendues en Occitanie	Observ'ER	100 en 2023

En résumé

Les objectifs de la feuille de route nécessitent de mettre en place des actions concrètes telles que :

- **Renforcer la communication sur les bénéfices environnementaux et économiques** de la récupération de chaleur fatale et de la géothermie.
- **Renforcer la communication sur la bonne utilisation des PAC aérothermiques** au-delà du guide d'intégration grand cœur de la Ville de Montpellier.
- **Développer des outils cartographiques** pour identifier les potentiels locaux de récupération de chaleur fatale et de géothermie et répondre au futur appel à manifestation d'intérêt gouvernemental pour caractériser la ressource géothermique.
- **Renforcer la coopération et la dynamique** entre les acteurs des filières concernées via le collectif EnR de la Métropole.
- **Soutenir, encourager et mettre en lumière les projets géothermiques** des communes du territoire.
- **Poursuivre la démarche d'exemplarité** avec les projets de la collectivité mutualisée Ville et Métropole de Montpellier dans le cadre de son schéma directeur EnR du patrimoine.

Annexe 1 - Définitions

La chaleur de fatale (ou énergie fatale) est la chaleur générée par un procédé dont l'objectif premier n'est pas la production d'énergie, et qui de ce fait n'est pas nécessairement récupérée. Il s'agit de capter puis transporter cette chaleur, qui serait perdue, pour favoriser son exploitation sous forme thermique. Elle est aussi appelée énergie de récupération.

La géothermie : Le mot géothermie vient du grec géo (« la Terre ») et thermos (« la chaleur »). La géothermie désigne ici l'énergie géothermique issue de la chaleur de la Terre.

- **La géothermie superficielle** aussi appelé géothermie très basse température ou géothermie très basse énergie ou géothermie de minime importance. Elle exploite la chaleur du sol ou de l'eau du sous-sol à des profondeurs généralement inférieures à 200 mètres de profondeur, pour des températures inférieures à 30°C.
- **La géothermie basse température** ou basse énergie exploite la chaleur de gisements d'eau situés à des profondeurs de quelques centaines de mètres jusqu'à environ 2 000 m, pour des températures généralement comprises entre 30°C et 90°C.
- **La géothermie haute température** concerne des températures de 90 à 150 °C : la chaleur est alors captée sous la forme de vapeur ou d'eau chaude. Les forages de captation sont généralement à plus de 1 500 mètres de profondeur.

Une pompe à chaleur (PAC) est un système qui utilise les calories de l'air extérieur, du sol ou de l'eau pour les restituer sous forme de chaleur ou de froid dans un bâtiment. Cette diffusion de chaud ou de froid peut se faire via de l'air expulsé ou via des émetteurs à eau (radiateurs, planchers chauffants).

Le Coefficient de Performance (COP) d'une PAC est le rapport entre l'énergie produite et l'énergie consommée. Un COP de 5 indique que la PAC fournit 5 kWh de chaleur pour 1 kWh d'électricité utilisé.
Attention le COP est déterminé par le construction selon des critères de température qui lui sont propres, contrairement au SCOP qui impose les mêmes critères à tous les fabricants.

Le Coefficient de Performance Saisonnière (SCOP - Seasonal Coefficient of Performance) d'une PAC détermine le rendement d'une PAC sur toute une saison. Par rapport au COP, il intègre les fluctuations climatiques en se basant successivement sur 4 températures extérieures (-7°C, +2°C, +7°C, +12°C).
C'est à partir du SCOP que l'on peut comparer la performance des équipements. Il intègre également une classe d'efficacité de A+++ à D : A+++ pour un SCOP > 5,1 jusqu'à D pour un SCOP < 2,8.

L'EER (Energy Efficiency Ratio) est le coefficient d'efficacité frigorifique. L'EER, c'est le rapport entre la consommation énergétique de l'appareil et sa puissance de réfrigération, le froid qu'il produit. Il est utilisé jusqu'en 2013 et est principalement affiché sur les systèmes de climatisation.

Le SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) remplace l'EER à partir de 2013 en prenant en compte l'efficacité frigorifique sur l'ensemble de la saison. Il intègre également une classe d'efficacité de A+++ à D : A+++ pour un SEER > 8,5 jusqu'à D pour un SEER < 4,1.

Annexe 2 - Liens utiles

montpellier.fr/actions/competences/climat-energie/schema-directeur-des-energies
> Schéma directeur des énergies de la Métropole de Montpellier

montpellier.fr/actions/competences/climat-energie/schema-directeur-des-energies
> Schéma directeur des réseaux de chaleur de la Métropole de Montpellier

Chaleur fatale

https://fondschaleur.ademe.fr/filieres/la-chaleur-fatale-entreprise > Chaleur fatale pour une entreprise
https://fondschaleur.ademe.fr/filieres/chaleur-fatale-collectivite > Chaleur fatale pour une collectivité
https://reseaux-chaleur.cerema.fr/espace-documentaire/reseaux-chaleur-et-energies-recuperation > Réseaux de chaleur et énergies de récupération

Géothermie

geothermies.fr > site de référence sur la géothermie porté par l'ADEME et le BRGM
afpg.asso.fr > site de l'AFPG, Association Française des Professionnels de la Géothermie
alec-montpellier.org/evenement/chaleur-renouvelable-copropriete-focus-solaire-thermique-et-geothermie > Webinaire en replay de l'ALEC Montpellier Métropole du 20 mai 2025 « Chaleur renouvelable en copropriété : focus sur le solaire thermique et la géothermie »

Pompes à chaleur

https://agirpourlatransition.ademe.fr/particuliers/maison/chauffage/pompe-a-chaleur-maison > page dédiée aux PAC dans les logements de l'ADEME
alec-montpellier.org/particuliers/energies-renouvelables/pompes-chaleur > dossier PAC de l'ALEC Montpellier Métropole
https://chaleur-renouvelable34.fr > site de la mission chaleur renouvelable dans l'Hérault portée par le syndicat Hérault Energies et la CCI pour le compte de l'ADEME
https://cepac.afpac.org > entre de ressources de l'AFPAC (Association Française pour les PAC)
afpac.org/pompe-a-chaleur/choisir-et-utiliser-la-pac/tranquillite-acoustique > recommandations de l'AFPAC pour limiter les nuisances sonores

Aides financières

https://fondschaleur.ademe.fr > Fonds chaleur de l'ADEME concernant les 3 énergies
service-public.fr/particuliers/vosdroits/F34421 > Prime « coup de pouce chauffage »
service-public.fr/particuliers/vosdroits/F35083 > MaPrimeRénov'
ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/operations-standardisees-deconomies-denergie > Fiches d'opérations standardisées CEE
laregion.fr/Aide-regionale-au-developpement-des-installations-geothermiques > Aide régionale au développement des installations géothermiques

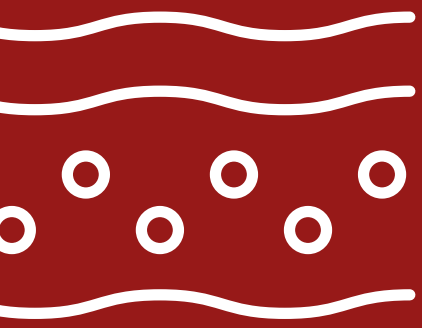
Sites partenaires

https://agirpourlatransition.ademe.fr > ADEME
herault-energies.fr > Syndicat Hérault Energies
herault.cci.fr > CCI Hérault
altemed.fr > Altémed
alec-montpellier.org > ALEC Montpellier Métropole

Annexe 3 - Crédits photos et illustrations

Page de garde :
Datacenter ©digitalfortheplanet.com
Centrale géothermique de Cambacérès ©DirCom - 3M
Unités extérieures de PAC à Castelnau-le-Lez ©MTEC - 3M
Page 5 : Courbe des objectifs de production ©MTEC - 3M
Page 7 : Carte des installations de géothermie de surface sur la Métropole ©MTEC - 3M
Page 8 : Cartographie des cibles exploratoires de géothermie profonde et des installations en fonctionnement ©BRGM
Page 9 : Schéma d'une pompe à chaleur ©ADEME
Page 9 : Les différents systèmes ©ADEME
Page 10 : COP pour différentes températures d'eau de chauffage ©ADEME
Page 11 : Récupération de chaleur fatale à Beau Soleil ©MidiLibre.fr
Page 12 : Types de capteurs ©AFPG
Page 13 : PAC sur nappe ou aquifère ©AFPG
Page 14 : Unité extérieure d'une PAC aérothermique ©ADEME
Page 15 : Ballon thermodynamique de 300 litres ©QueChoisir - Adobe stock
Page 16 : Comparatif des coûts actualisés des énergies entre 2012 et 2022 @ADEME
Page 18 : Note sur les nouvelles obligations sur les gaz à effet de serre fluorés ©ecologie.gouv.fr
Page 19 : Emanation de chaleur d'un groupe froid en thermographie ©APUR (Atelier parisien d'urbanisme)
Page 20 : Puits climatique ©ADEME-BRGM
Page 23 : Quartier Eurêka ©MTEC - 3M
Page 25 : La Cité des Arts à Montpellier ©DirCom - 3M

NOTES



montpellier.fr

Montpellier Méditerranée Métropole - Direction de la Communication - 8/2025 - LV

Montpellier Méditerranée Métropole