

## DOMAINE BÂTIMENTS

# ÉLECTRIFIER MASSIVEMENT LA CHALEUR AVEC DES POMPES À CHALEUR À FAIBLE COÛT

Intensifier la production de pompes à chaleur (PAC) à bas coût et multiplier le nombre de pompes à chaleur installées

## 01 Un marché français dynamique et fortement soutenu par l'Etat, avec un positionnement contrasté selon les technologies

Le déploiement massif de PAC permet de **décarboner la production de chaleur** et de **réduire la dépendance française aux combustibles fossiles**.

**La filière des pompes à chaleur est dynamique** et alignée aux objectifs fixés par le gouvernement, **mais de manière contrastée selon les technologies** : leader européen des PAC aérothermiques bien que très dépendant des importations de PAC aérothermiques air/air (notamment compresseurs) ; marché des PAC géothermiques en difficulté avec une baisse drastique des ventes sur les dix dernières années.

## 03 Un marché dépendant du soutien public, qui pourrait pâtir d'un manque de structuration de la filière et d'un manque de compétences sur certains métiers en tension

**La filière souffre d'un manque de structuration** pour proposer des solutions matures sur les marchés collectif et tertiaire. Filière géothermique particulièrement fragilisée compte tenu du manque d'activité.

**Il existe un risque de manque de compétences** pour répondre à la demande croissante. Métiers en tension : techniciens d'installation et de maintenance, frigoristes.

**La mise en place d'une taxe sur les fluides frigorigènes entraînerait une augmentation brutale des prix des PAC** et une perte de compétitivité sur le marché européen.

## 02 Une filière qui doit continuer à se développer sur de nouveaux marchés : le collectif et le tertiaire

**Les investissements initiaux sont encore relativement élevés**, il est nécessaire de rendre les pompes à chaleur plus compétitives et plus accessibles via une production intensifiée adaptée à la demande croissante.

Les enjeux de développement du marché des PAC reposent sur **la capacité des acteurs à proposer des solutions matures sur les secteurs collectif et tertiaire** et à **redynamiser la filière géothermique** qui manque de visibilité.

## 04 La mise en place d'un programme de formation attractif et la structuration des acteurs pour se positionner sur les nouveaux marchés constituent deux priorités

**Attirer les compétences sur les métiers en tension** : valorisation de l'apprentissage, mise en place de programmes de reconversion etc.

**Identifier une instance pour encadrer la structuration de la filière et initier les travaux nécessaires à la définition de solutions matures** pour les secteurs collectif et tertiaire.

**Continuer de soutenir le développement du marché des pompes à chaleur** via des mécanismes de soutien public élargis et une aide particulière liée au forage pour le développement de la filière géothermique.

## Périmètre technologique

**Description :** Les pompes à chaleur (PAC) sont des systèmes thermodynamiques qui prélèvent la chaleur d'un milieu donné à bas niveau de température, pour la transférer vers un autre milieu à un niveau de température plus élevé.

Principales typologies de PAC :

- PAC aérothermiques air/air
- PAC aérothermiques air/eau
- PAC hybrides
- PAC géothermiques Très basse énergie (TBE) ou de surface
- PAC harmonique

Les PAC sont en moyenne trois fois plus efficaces que les chaudières traditionnelles<sup>(5)</sup>. Selon les technologies elles ont des coefficients de performance (COP) situés autour de 3 ou 4 (cela signifie que pour 1 kWh consommé, elles restituent 3 à 4 fois plus d'énergie).

### Maturité technologique

Stade : **Commercialisation à grande échelle**

|   |         |
|---|---------|
| PAC aérothermiques air/air  | TRL 9   |
| PAC aérothermiques air/eau  | TRL 9   |
| PAC hybrides  | TRL 9   |
| PAC géothermiques de surface (PAC sur capteurs enterrés, PAC sur aquifère superficiel, champ de sondes, boucles d'eau tempérée) | TRL 9   |
| PAC harmonique (air/eau ; eau/eau)  | TRL 7-8 |

## ÉTAT DES LIEUX

- **Engagement politique :** Un marché des pompes à chaleur français déjà dynamique, qui nécessite un soutien maintenu par le gouvernement pour atteindre les objectifs fixés  
Objectifs PPE : entre 44 et 52 TWh d'ici 2028<sup>(1)</sup>. Au vu du développement actuel des pompes à chaleur, il n'y a pas d'inquiétude quant à la capacité à atteindre ces objectifs.  
Ambition SNBC : les pompes à chaleur chaufferont environ la moitié du parc tertiaire en 2050 (moins d'un dixième actuellement)<sup>(2)</sup>.
- **Acceptabilité :** Un marché clé pour décarboner le secteur du bâtiment, qui jouit d'une image positive  
**Les technologies suscitent peu de contestations** que ce soit en termes d'impact environnemental ou de conflit d'usage sur le foncier. Les nuisances liées au bruit des pompes à chaleur sont prises en compte par les industriels de la filière et des programmes de R&D leur sont dédiés.
- **Compétences & savoir-faire :** Des compétences humaines existantes à renforcer pour absorber la croissance attendue sur les prochaines années
- **Maîtrise de la technologie en France.** Concernant les ressources humaines pour cette filière, la France dispose des compétences pour l'installation des équipements (professionnels qualifiés RGE (Reconnu Garant de l'Environnement) / QualiPAC). Cependant **plusieurs métiers du secteur sont en tension :** techniciens d'installation, frigoristes, techniciens de maintenance, et pour la filière géothermique manque d'acteurs compétents en ce qui concerne le forage.
- **Réseau existant de partenaires :** Un réseau national important qui gagnerait à se structurer dans les régions  
**AFPAC** (Association Française pour la Pompe à Chaleur)  
**AFPFG** (Association Française des Professionnels de la Géothermie)
- **Structuration macro de la chaîne de valeur et du territoire :** Une dépendance importante sur l'importation de PAC et un manque de compétences

sur l'installation qui peuvent fragiliser le déploiement à grande échelle des pompes à chaleur  
Filière en tension à cause de problèmes d'approvisionnement en PAC : **la production française des équipements insuffisante** (part de marché des PAC air-eau produites en France légèrement inférieure à 50 %, forte dépendance asiatique sur les PAC air/air)<sup>(4)</sup>.  
**Les équipements géothermiques reposent en outre sur une structuration fragile**, la faiblesse des ventes ces dernières années a considérablement impacté la capacité d'installation (et notamment la compétence foreur).

- **Voies de commercialisation :** Pérennisation et élargissement des dispositifs de soutien au-delà des usagers  
**Continuer de soutenir les marchés des pompes à chaleur par des programmes de financement**, des subventions ou des réductions d'impôts, pour atteindre de nouveaux marchés (collectif, tertiaire).
- **Leviers de déploiement et voies d'industrialisation :** Nécessité de structurer la filière et développer des solutions matures sur de nouveaux marchés (collectif et du tertiaire - ce dernier ne représentant actuellement que 6% du marché des PAC aérothermiques)  
**La dynamique du secteur des PAC est forte et alignée aux objectifs, mais contrastée selon les technologies (géothermie en déclin).** Les investissements initiaux sont encore relativement élevés, il est nécessaire de rendre les pompes à chaleur plus compétitives et plus accessibles via une production intensifiée adaptée à la demande croissante. Actuellement les PAC aérothermiques sont installées à 94% dans le secteur résidentiel, avec 16% des opérations dans l'habitat neuf et 84% dans l'existant (Observer Marché 2020 des Pompes à chaleur). Il est primordial de structurer davantage la filière pour adresser les nouveaux marchés (cas de figure, dimensionnement, études approfondies, analyse des manques etc).

### Déploiement en France

Objectif PPE 2028<sup>(1)</sup> :  
**PAC aérothermiques : 39-45 TWh**  
**PAC géothermiques : 5-7 TWh**

Capacité actuelle :  
**38 TWh en 2020<sup>(3)</sup>**

### Zones d'implantation privilégiées

Les zones à fort déploiement de pompes à chaleur diffèrent selon le type de technologie.  
Dans une logique de circularité, possibilité d'implanter d'éventuelles usines de production dans les zones à fort déploiement.



■ Implantation forte de PAC géothermiques de surface

■ Implantation forte de PAC aérothermiques

## ÉVALUATION DE L'ÉCOSYSTÈME

La filière des pompes à chaleur est dynamique et alignée aux objectifs fixés par le gouvernement. Mais la structuration et le dynamisme de cette filière varient fortement selon les technologies :

**PAC air/eau** : production française importante soutenue par une production européenne forte. Les solutions pour le secteur résidentiel sont matures et continuent d'être soutenues par des mécanismes de soutien public nationaux. Il est nécessaire d'intensifier la production de PAC et la formation des acteurs du déploiement, ainsi que de développer des solutions matures pour le collectif et le tertiaire.

**PAC air/air** : production largement dépendante des produits asiatiques. Technologie moins soutenue par le gouvernement mais dont le marché continue de croître. Ces ventes de ces PAC concernent à 93% le secteur résidentiel (Observ'ER, 2021).

**PAC géothermique** : filière en déclin. Production française significative<sup>(1)</sup> mais manque de débouchés en raison des coûts d'installation importants malgré des mécanismes de soutien spécifiques existants (Ma Prime Rénov, Fonds Chaleur). Le prix d'une PAC géothermique s'établit entre 15 000 € et 25 000 € selon le type de captage quand le prix moyen des projets d'installation d'une PAC aérothermique est autour de 9 000 €. Filière en difficulté qui peine à se structurer et fait face à un manque de ressources qualifiées important.

### Atlantic – intensification de la production française

|                        |   |
|------------------------|---|
| Parties prenantes      | Atlantic, JL Corp (robotique)   |
| Localisation           | <ul style="list-style-type: none"> <li>2 usines de PAC (unité intérieure) : Merville et Billy Berclau</li> <li>1 usine pour les cartes électroniques : Roche-sur-Yon</li> </ul> |
| Jalons                 | Plan électronique pour produire 6 millions de cartes électroniques d'ici 2024.  |
| Chiffres clés          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Usine de production de Billy-Berclau : production annuelle de 120 000 modules pour pompe à chaleur.</li> </ul>                           |
| Sources de financement | Investissement de l'entreprise : <ul style="list-style-type: none"> <li>4,3 M€ pour les cartes électroniques</li> <li>4 M€ pour l'usine de Billy-Berclau</li> </ul>             |

| Organismes de recherche et d'innovation  | Fabricants de PAC   | Développeurs de projets : Distributeurs - Installateurs - Exploitants   |  |   |   | Organismes de recyclage  |
|--|---|---|--|---|---|--|
| La France dispose d'instituts et de centres de recherche publique d'excellence concernant la R&D des pompes à chaleur. | La France dispose d'une grande diversité de fabricants de PAC, avec 30 sites industriels en France <sup>(6)</sup> .<br>Cependant ces acteurs ne permettent pas de couvrir la totalité de la demande française (détail page suivante) : acteurs leaders européens et asiatiques présents sur le marché français.   | Une multitude d'acteurs français sont présents pour le déploiement des pompes à chaleur : des bureaux d'études aux foreurs (pour la géothermie de surface), aux installateurs, aux organismes de contrôle/certification qui interviennent pour l'encadrement des installations ou encore aux distributeurs (grands énergéticiens français).<br>Les acteurs en tension pour répondre à la demande croissante en PAC sont les techniciens d'installation, frigoristes, et techniciens de maintenance. |  |   |   | Il existe des acteurs du recyclage français qui traitent des pompes à chaleur. Mais ce sont des acteurs qui recyclent des équipements électriques et électroniques variés, sans activités spécifiques aux PAC.                   |
| +<br>Taille de l'entreprise<br>-   | Acteurs majeurs présents sur le marché français : Bosch (DE), Viessmann (DE), Nibe Energy Systems (SE), Daikin (JP), Toshiba (JP), Hitachi (JP), Mitsubishi Electric (JP), Groupe Vaillant (DE)<br><br>Grands fabricants français de pompes à chaleur : <ul style="list-style-type: none"> <li>Atlantic (aérothermie &amp; géothermie)</li> <li>Intuis (aérothermie)</li> <li>De Dietrich (aérothermie &amp; géothermie)</li> <li>CIAT (aérothermie &amp; géothermie)</li> <li>Frisquet (aérothermie)</li> </ul> Entreprise de taille modérée / PME <ul style="list-style-type: none"> <li>Arkteos (aérothermie &amp; géothermie)</li> <li>Amzair (aérothermie &amp; géothermie)</li> <li>ADEnR (aérothermie &amp; géothermie)</li> <li>Nextherm (aérothermie)</li> </ul> | Bureaux d'études<br><br>Multitude de bureaux d'études, majoritairement de petite taille : <ul style="list-style-type: none"> <li>Cardonnell Ingénierie</li> <li>Artelia</li> <li>Pouget Consultants</li> <li>Tribu Energie</li> </ul>   | Foreurs (Géothermie) <sup>(7)</sup><br><br><ul style="list-style-type: none"> <li>Mannfor</li> <li>Drillheat</li> <li>Celsius Energy (filiale de Schlumberger)</li> <li>Geotec</li> <li>Sondalp</li> </ul> | Installateurs<br><br>Multitude d'installateurs qualifiés RGE PAC recensés dans l'annuaire des installateurs de cette qualification sur le site de Quali'EnR | Énergéticiens / Distributeurs<br><br><ul style="list-style-type: none"> <li>EDF</li> <li>ENGIE</li> <li>GRDF</li> </ul> | Éco-organismes français dédiés à la gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) : <ul style="list-style-type: none"> <li>Eco-systèmes (fusion d'Eco-systèmes et Récyllum)</li> <li>Ecologic</li> </ul> |

## EVALUATION DU POTENTIEL FRANÇAIS

Positionnement de la France : la France est leader sur le marché européen des PAC aérothermiques (1<sup>er</sup> marché européen sur les PAC air/eau, 2<sup>ème</sup> parc de pompes à chaleur en opération dans l'UE en 2020 toutes technologies confondues) mais reste dépendante des importations (composants, PAC intégrales), de façon plus ou moins importantes selon la technologie

- Vente de PAC<sup>(8)</sup> : 2<sup>ème</sup> marché de l'Union Européenne sur les PAC aérothermiques (987 626 PAC aérothermiques (air-air, air-eau) vendues derrière 1 574 000 pour l'Italie, mais nettement devant l'ensemble des autres pays européens (400 373 pour l'Espagne en 3<sup>ème</sup> place). 8<sup>ème</sup> rang européen en 2020 sur les PAC géothermiques, loin derrière les leaders que sont la Suède, l'Allemagne et le Pays-Bas
- Production de PAC<sup>(9)</sup> : pour les PAC air/eau, part de marché des PAC produites et vendues en France légèrement inférieure à 50 %, le solde provenant principalement de pays européens (Belgique, République tchèque, Royaume Uni, Espagne). Les importations de produits finis d'Asie sont minoritaires, mais des composants importants (semi-conducteurs, condenseurs, etc.) peuvent être importés d'Asie. Pour les PAC air/air, importations très majoritairement asiatiques. Pour les PAC géothermiques, production essentiellement européenne avec une production française significative<sup>(1)</sup>.

**Potentiel de décarbonation** : un fonctionnement des PAC à l'électricité qui réduit les émissions de CO2 grâce à un mix énergétique français bas carbone (émissions de la France à 51,1g CO2/kWh en 2020 contre 230.7g CO2/kWh pour l'UE)

**Émissions CO2 évitées<sup>(11)</sup>** :

- **Etats des lieux** : Le secteur du bâtiment en France est responsable de 75 Mt éqCO2 en 2021 (CITEPA). Le chauffage, eau chaude sanitaire et cuisson des secteurs domestique et tertiaire représente 60 Mt éqCO2 (CITEPA, rapport Secten 2022).
- **Prévisions 2030** : Entre 12,07 et 19,42 millions de tonnes de CO2 évitées à horizon 2030 (estimations de l'AFPAC selon les scénarios bas et haut de la PPE), soit environ 1/5<sup>ème</sup> des émissions du bâtiment en France en 2021.

**Potentiel de création de valeur** : une filière créatrice de valeur et d'emplois, si les compétences sont mobilisées

**PIB - valeur du marché généré<sup>(12)</sup>** :

- Chiffre d'affaires 2021 de la filière PAC : 6,2 milliards d'euros.<sup>(6)</sup>
- L'AFPAC anticipe un triplement des ventes d'ici 2050, plus de deux millions d'unités pourraient être vendues chaque année (1,1 million de PAC air/air, 850 000 de PAC air/eau, 70 000 de PAC géothermiques).

**Emplois générés<sup>(13)</sup>** :

Besoin en compétences nécessaires estimé à 40 000 emplois d'ici à 2030 dont les trois-quarts pour l'installation et la maintenance (estimation AFPAC).

**Potentiel d'accroissement de la souveraineté énergétique et industrielle de la France** : Une électrification du chauffage qui réduit les dépendances aux combustibles fossiles, toutefois dans un contexte de dépendance aux importations de PAC

**Criticité des ressources majeures<sup>(10)</sup>** :

● Forte | ● Modérée | ● Faible

| Ressource                | Criticité | Problématique (si criticité forte ou modérée)                               |
|--------------------------|-----------|---|
| Cuivre                   | ●         | Extraction à 30% par le Chili et première transformation à 39% par la Chine |
| Aluminium, nickel, acier | ●         | Pas de criticité forte concernant ces ressources                            |

Si les ressources concernées ne sont pas caractérisées par une forte criticité intrinsèque, la croissance anticipée d'ici à 2050 en termes du nombre d'équipements rend nécessaire d'y prêter attention. Les PAC contribuent à augmenter les consommations d'acier, de nickel, de cuivre et d'aluminium déjà très importantes.

**Potentiel de circularité**

- **Consolider le recyclage des pompes à chaleur** (éco-organisme Ecologic qui permet de les collecter et de les envoyer vers des sites de recyclage), d'autant plus que le recyclage du cuivre et de l'aluminium est extrêmement performant.
- **Investir dans l'écoconception des équipements** pour faciliter leur maintenance, leur réparabilité et augmenter leur durée de vie
- **Prendre en compte des indices pour mettre en évidence les PAC les plus écologiques** (indice COP (coefficient de performance)).

**Provenance de la technologie** : technologie maîtrisée en France. Il y a de nombreux fabricants français de PAC, mais la production française ne permet pas d'adresser les besoins croissants du marché (importations nécessaires).

# UN MARCHÉ DÉPENDANT DES MÉCANISMES DE SOUTIEN PUBLIC, QUI POURRAIT PÂTIR D'UN MANQUE DE STRUCTURATION DE LA FILIÈRE ET D'UN MANQUE DE COMPÉTENCES SUR CERTAINS MÉTIERS EN TENSION

## Cadre public de déploiement

### Engagement politique : un fort engagement de l'Etat à maintenir pour décarboner le secteur du bâtiment

**Objectifs PPE** : entre 44 et 52 TWh d'ici 2028<sup>(1)</sup>  
(6,8 millions de PAC aérothermiques et 315 000 PAC géothermiques en maison individuelles ; 2,2

millions de PAC aérothermiques et 1000 logements par an équipés d'une PAC géothermique dans le collectif et moins de 114 millions de m<sup>2</sup> de surfaces tertiaires chauffées par PAC aérothermique dans le tertiaire).

### Dispositifs de financement : des aides structurantes indispensables au maintien du dynamisme du marché, mais qui profitent aux différentes technologies de manière inégale (PAC aérothermiques air / eau privilégiées)

**Niveau européen** : RePowerEU prévoit de soutenir les Etats membres par le biais de projets importants d'intérêt européen commun (PIIEC) axés sur les technologies de pointe et l'innovation concernant les pompes à chaleur<sup>(2)</sup>. Pas de projet annoncé à ce jour.

#### Niveau national :

- Aides aux particuliers :
  - Ma Prime Rénov : prime forfaitaire dont le montant est variable selon le type d'équipement de chauffage retenu.** Les équipements les plus performants sont privilégiés (jusqu'à 10 000 € pour les PAC géothermiques contre 4 000 € pour les PAC aérothermiques, renforcé avec le plan de résilience)<sup>(14)</sup>. Les travaux bénéficient d'un taux réduit de TVA (5,5%). Renforcement de la Prime Rénov dans le cadre du plan de résilience (2022).
  - Dispositif des certificats d'économies d'énergie (CEE) / Coup de pouce "Chauffage"** : piloté par l'Agence nationale de l'habitat (Anah), le dispositif prévoit des primes pour le remplacement d'une chaudière individuelle au charbon, au fioul ou au gaz, autre qu'à condensation. Extension du Coup de pouce "Chauffage" aux bâtiments résidentiels collectifs pour l'installation d'une pompe à chaleur collective à absorption de type air/eau ou eau/eau (Plan sobriété énergétique, Juillet 2022).
- Dispositifs de soutien aux installations collectives, au tertiaire et à l'industrie
  - Fonds Chaleur Renouvelable**, géré par l'ADEME. En 2021, le montant du Fonds s'élève à 350 M€ (contre 250 M€ en moyenne, les années précédentes)<sup>(15)</sup>. Aide qui cible les PAC géothermiques. En moyenne, les aides accordées pour les installations de géothermie de surface correspondent à 30-40% des investissements engagés<sup>(16)</sup>. 150 millions d'euros de moyens supplémentaires en 2022 dans le cadre du Plan de résilience.

### Cadre législatif et réglementaire : des réglementations sur les fluides frigorigènes qui pourraient freiner le développement de la filière

- La Réglementation environnementale (RE) 2020 formalise l'exigence en termes de recours aux énergies renouvelables dans le bâtiment.** Cette réglementation constitue un élément de soutien supplémentaire pour le marché des PAC géothermiques et introduit un plafond d'émissions de GES pour les maisons individuelle et les logements collectifs.
- Réglementation européenne F-Gaz** pour limiter les émissions de GES liées aux fluides frigorigènes présents dans les PAC.
- Révision de la réglementation de géothermie** de minime importance en 2015 qui a simplifié les démarches administratives relatives aux forages.

**Analyse d'écart entre les besoins et les mesures** : Intégration de l'empreinte carbone des PAC dans les fiches Profil Environnemental Produit (PEP) à formaliser.

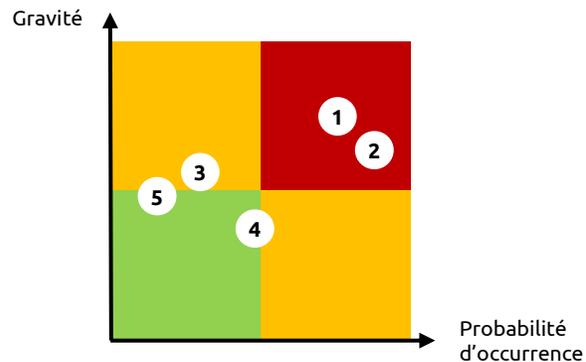
## Barrières au déploiement

|  | Faible    | Forte     |   |
|--|-----------|-----------|---|
| Approvisionnement (matériaux et technologie) | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● | <b>Dépendance liée aux approvisionnements en PAC</b> : production dépendante des importations, production freinée suite au COVID, pénurie de composants électroniques (semi-conducteurs) produits en Asie. Dépendance importante sur l'importation de PAC air/air.  |
| Capacité de développement et infrastructures | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● | <b>Manque de structuration de la filière</b> pour proposer des solutions matures sur les marchés d'avenir : collectif et tertiaire. Pas de réelle instance pour encadrer les différents acteurs. <b>Filière industrielle géothermique particulièrement fragilisée</b> avec la baisse drastique des ventes sur les dernières années (concurrence avec d'autres solutions et difficultés de mise en œuvre). <b>Risque de pression</b> importante sur le réseau électrique avec la multiplication rapide des PAC.  |
| Compétences                                  | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● | <b>Risque d'un manque de compétences</b> pour adresser la demande croissante en PAC. Métiers en tension : techniciens d'installation, frigoristes, techniciens de maintenance <sup>(17)</sup> . Risque accru concernant les PAC géothermiques, notamment pour le forage (peu de qualifications Reconnu garant de l'environnement (RGE) car le nombre d'installations est trop faible, réduction du réseau des installateurs qualifiés au profit de l'aérothermie).  |
| Économiques                                  | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● | Prix d'achat des PAC aérothermiques qui reste conséquent (prix moyen d'une chaudière autour de 3500 € quand le prix moyen d'une PAC aérothermique est autour de 9000 €). Frein majeur pour les PAC géothermiques de surface dont le marché des ventes stagne à un niveau bas : coûts d'investissement importants (forage, installation des capteurs), retour sur investissement long et manque de visibilité.   |
| Financières                                  | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● | <b>Manque d'investissements</b> pour structurer la filière. <b>Dépendance forte</b> du marché aux aides financières et incertitudes quant à la durée des dispositifs d'aide financière qui peuvent freiner les investissements (cf. PAC air/air exclues des dispositifs de soutien). <b>Aides spécifiques (forages) nécessaires</b> à la croissance du marché des PAC géothermiques de surface. Les dispositifs de financement actuels ont très peu d'effet sur le marché des PAC géothermiques. <b>Réticence du gouvernement au soutien des PAC air-air</b> (risque d'effet rebond de la climatisation l'été). |
| Acceptabilité                                | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● | Pas de frein bloquant en termes d'acceptabilité   |
| Législatives et réglementaires               | ● ● ● ● ● | ● ● ● ● ● | <b>Risque concernant la mise en place d'une taxe sur les fluides frigorigènes</b> , qui entraînerait une augmentation brutale des prix des PAC (perte d'utilisateurs) et une perte de compétitivité sur le marché européen – projet de loi mis en attente contre démarches volontaires des acteurs de la filière. <b>Lourdeurs administratives</b> qui ralentissent le traitement des dossiers de demandes d'aide, risque de congestion important (Anah, Fonds Chaleur).  |

# RISQUES ET RECOMMANDATIONS

Le déploiement des PAC doit se faire en parallèle d'une rénovation profonde des bâtiments, notamment isolation et ventilation, pour avoir l'impact optimal et décarboner en profondeur le secteur du bâtiment.

## Cartographie des risques majeurs



## Recommandations et leviers (publics / privés) à mettre en œuvre

### Infrastructures et approvisionnement

- Production des PAC : **ouvrir de nouvelles lignes de production** et reconvertir celles qui produisent d'autres technologies (reconversion de la production de chaudières par exemple) pour intensifier la production.
- **Réemploi et recyclage des composants des PAC** : mettre en place une chaîne de valeur spécifique aux PAC dédiée à la réparation, au démantèlement et au reconditionnement d'équipements (d'autant plus pertinent au regard du potentiel de la croissance de la filière).

### Commandes publiques

- **Viser le marché du logement collectif** via l'adaptation du code des marchés publics : obliger un recours minimal aux énergies renouvelables, rendre le Fonds Chaleur accessible aux installations de PAC aérothermiques collectives (cf. extension du Coup de Pouce "Chauffage" aux bâtiments résidentiels collectifs pour l'installation d'une PAC collective (Plan sobriété énergétique, Juillet 2022).

### Programmes de recherche et d'innovation

- **Investissements en R&D** : allongement de la durée de vie, écoconception des équipements, fluides frigorigènes alternatifs, amélioration du Coefficient de Performance Saisonnier (SCOP), amélioration des températures maximales atteintes, PAC connectées...

### Industrialisation et structuration de la filière :

- **Identifier une instance pour encadrer la structuration de la filière**, piloter une feuille de route définie et initier les travaux prérequis : établir des cas de figure, dimensionner les projets, analyser les manques pour proposer des solutions matures.
- **Mettre en place des programmes de formation** pour attirer des compétences sur les métiers en tension (installateurs qualifiés (certifications RGE et fluides), frigoristes, acteurs de maintenance) : valorisation de l'apprentissage, mise en place de programmes de reconversion, formation des acteurs sur les autres métiers du chauffage (techniciens chaudiéristes) à la maintenance des PAC en service.
- **Mobiliser les acteurs de la formation**. Donner de la visibilité sur les besoins

en recrutement. Travailler à la communication pour rendre ces métiers attractifs. Faire des appels à projet pour gérer des centres de compétences dédiés à la formation de ces métiers.

- **Mettre en place des procédures spécifiques** pour une mise en œuvre rapide des projets d'industrialisation sur la production des PAC : statuts de planification et d'autorisation privilégiés (zones économiques franches, exonérations fiscales, etc.).
- **Redynamiser le secteur de la géothermie de surface** :
  - **Améliorer l'accès des acteurs** (foreurs, bureaux d'études, maîtres d'ouvrage...) aux données de potentiel géothermique sur l'ensemble des territoires pour qu'ils développent cette solution quand elle est pertinente (via un outil d'aide à la décision).
  - **Structurer une promotion régionale / locale des filières** sur tout le territoire qui permette à la géothermie de gagner en visibilité : réseau de conseillers locaux énergies renouvelables formés aux PAC, sensibiliser les conseillers France Renov' sur la géothermie.

### Financement & investissements

- **Étendre la cible des mécanismes de soutien** au-delà des usagers et mobiliser des fonds importants pour structurer la filière.
- **Identifier des pistes d'amélioration pour l'accompagnement** financier des projets d'installation (actions de soutien complémentaires pour inciter la géothermie de surface, en particulier sur le forage) : définition des leviers d'amélioration à activer, évaluation de l'enveloppe budgétaire des leviers envisagés et construction d'un modèle de financement.

### Capital-risque (*pas d'enjeux majeur*)

### Réglementation

- **Formaliser l'intégration de l'empreinte carbone des PAC** dans les fiches Profil environnemental produit (PEP) dans le neuf et dans l'ancien.
- **Apporter plus de simplicité dans les dispositifs d'aide** pour inciter à l'installation de PAC et réduire les délais de traitement des dossiers.

1. **Filière qui tarde à se structurer** et qui n'arrive pas à adresser les nouveaux marchés (collectif, tertiaire).
2. **Compétences humaines insuffisantes** pour assurer un déploiement massif des PAC (installateurs, foreurs qualifiés).
3. **Production et approvisionnements limités** en PAC qui ne permettent pas de répondre à la demande croissante et freine la décarbonation du bâtiment.
4. **Poursuite de l'essoufflement** de la filière PAC géothermique de surface.
5. **Arrêt des subventions** qui viendrait freiner brutalement la dynamique du marché (en particulier sur le géothermique).

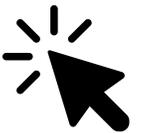
La Pompe à Chaleur au centre de la transition énergétique : une filière prête à relever les enjeux de la relance, AFPAC, 2020  
 La Pompe à Chaleur Une réponse au défi CO2, AFPAC, 2020  
 Transition(s) 2050, Choisir maintenant, agir pour le climat, ADEME, Novembre 2021  
 Stratégie Nationale Bas Carbone sous contrainte de ressources, INEC et Capgemini, 2022

## Interviews

- Arnaud KAUTZMANN, secrétaire de l'AFPAC (Association Française pour la Pompe à Chaleur) et analyste stratégique chez EDF
- Cindy DEMICHEL, CEO et cofondatrice de Celsius

## Sources détaillées

1. Programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE) <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20200422%20Programmation%20pluriannuelle%20de%20l%27e%CC%81nergie.pdf>
2. ADEME Transitions 2050 <https://librairie.ademe.fr/cadic/6531/transitions2050-rapport-comprese.pdf?modal=false>
3. Chiffres clés des énergies renouvelables - Édition 2021, Pompes à chaleur <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energies-renouvelables-2021/15-pompes-a-chaleur#:~:text=Le%20parc%20de%20pompes%20%C3%A0,un%20an%2C%20%C3%A0%20climat%20constant.>
4. AFPAC, La Pompe à Chaleur au centre de la transition énergétique : une filière prête à relever les enjeux de la relance 2020
5. [QUELLE ENERGIE] Pompe à chaleur air-eau : Technique, 2021 <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/pompe-chaleur-air-eau/technique>
6. AFPAC, Fiche Poids de la filière PAC en France en 2021
7. AFPG, Liste adhérents 2022 [http://www.afpg.asso.fr/wp-content/uploads/2022/06/Liste-adhe%CC%81rents-2022\\_v20062022online.xlsx-MIS-EN-LIGNE.pdf](http://www.afpg.asso.fr/wp-content/uploads/2022/06/Liste-adhe%CC%81rents-2022_v20062022online.xlsx-MIS-EN-LIGNE.pdf)
8. EurObserv'ER, Baromètre pompes à chaleur 2021 <https://www.eurobserv-er.org/barometre-pompes-a-chaleur-2021/>
9. AFPAC, La Pompe à Chaleur au centre de la transition énergétique : une filière prête à relever les enjeux de la relance 2020
10. Rapport STRATÉGIE NATIONALE BAS CARBONE, SOUS CONTRAINTE DE RESSOURCES (INEC et Capgemini)
11. AFPAC La Pompe à Chaleur Une réponse au défi CO2 2020
12. AFPAC Prospective à l'horizon 2050
13. AFPAC, Ambition métiers PAC, avril 2021 réajustée
14. Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique MaPrimeRénov' <https://www.economie.gouv.fr/particuliers/prime-renovation-energetique>
15. ADEME, Fonds chaleur renouvelable <https://presse.ademe.fr/2022/03/fonds-chaleur-2021-350-millions-deuros-engages-au-profit-de-pres-de-560-installations-denergies-renouvelables-et-de-recuperation-sur-le-territoire.html>
16. ADEME
17. Emplois en tension identifiés dans le cadre du Comité Stratégique de Filière Industries des Nouveaux Systèmes énergétiques



- **PAC aérothermiques air/air :** réchauffent l'air ambiant avec l'air extérieur

**La pompe à chaleur (PAC) air-air récupère les calories présentes dans l'air extérieur pour chauffer l'air intérieur d'un logement.**

Elle se compose de deux unités : l'unité située à l'extérieur du logement récupère les calories de l'air qu'elle transmet à un liquide frigorigène acheminé vers l'unité intérieure. Cette dernière diffuse ces calories de chaleur au sein du logement.

- **PAC aérothermiques air/eau**  
**La pompe à chaleur air-eau est un système qui repose sur l'utilisation des calories contenues dans l'air extérieur pour venir chauffer l'eau qui est présente dans le réseau de chauffage du logement.** L'eau chauffée par la PAC air-eau est ensuite envoyée dans le circuit, composé de radiateurs, de ventilo-convecteurs à eau ou de plancher chauffant, afin d'obtenir la température attendue au sein des différentes pièces. Ce type de pompe à chaleur est en mesure, contrairement à la PAC air-air, de produire de l'eau chaude sanitaire.

- **PAC hybrides**  
**La PAC hybride est la combinaison entre deux technologies de chauffage : une pompe à chaleur air-eau et une chaudière à condensation fonctionnant**

**au gaz ou au fioul.** Ces PAC ont une meilleure performance que les pompes aérothermiques air-air ou air-eau. En cas de températures douces en extérieur, le programmeur passe la pompe à chaleur en priorité, car son rendement est élevé dans ce contexte. Quand une chute brutale des températures extérieures se produit, la pompe à chaleur voit sa performance diminuer. Elle atteint alors son point de bivalence : la limite, en fonction de la température extérieure, à partir de laquelle la PAC ne peut assurer seule le chauffage de votre maison. Elle cède alors la place à la chaudière à condensation.

- **PAC géothermiques Très basse énergie (TBE) ou de surface**  
**Une pompe à chaleur géothermique, ou PAC géothermique est un équipement qui utilise les calories présentes dans le sol pour chauffer l'eau permettant d'alimenter l'habitation en eau chaude sanitaire et en chauffage.** Les calories peuvent être captées de différentes manières, c'est-à-dire, soit verticalement, soit horizontalement, soit de manière elliptique. Plus performantes que les PAC aérothermiques, elles sont néanmoins bien plus coûteuses à l'investissement (forage nécessaire).

- **Coefficient de Performance (COP)**

**Cet indice de performance représente le rapport entre l'énergie produite et l'énergie utilisée.** Si pour 1 kWh d'électricité consommé une pompe à chaleur air-eau produit 4 kWh de chaleur, cette même PAC aura un COP de 4. Ainsi, plus le coefficient de performance est élevé, moins la PAC consomme d'énergie. La COP des pompes aérothermiques se situe en moyenne autour de 3. La pompe à chaleur géothermique en revanche est l'une des PAC les plus performantes, avec un COP autour ou supérieur à 4.