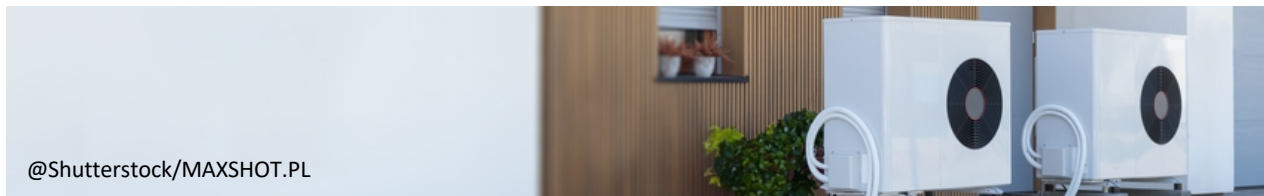


Vers une décarbonation plus efficace de l’approvisionnement des pompes à chaleur

Priorités d'un plan d'action européen

André Wolf



@Shutterstock/MAXSHOT.PL

La décarbonation de la consommation de chaleur est l'une des étapes les plus importantes, mais aussi l'une des plus raisonnables, vers une Europe neutre sur le plan climatique. Pour promouvoir l'acceptation sociale et créer des conditions favorables à l'investissement, les décideurs politiques doivent veiller à ce que la décarbonation aille de pair avec des améliorations de l'efficacité et de la sécurité de l'approvisionnement. Cela ne sera possible que grâce à une approche réglementaire axée sur le marché. En raison de leur efficacité élevée et de leur avancée technique, les pompes à chaleur s'avèreront probablement être la technologie clé d'une telle approche. Cependant, un certain nombre d'obstacles et de facteurs de risque menacent leur déploiement. C'est pourquoi les parties prenantes et les États membres ont demandé à la Commission de présenter enfin un plan d'action sur les pompes à chaleur, attendu depuis longtemps. Cet Input du cep examine les arguments du débat et recommande des priorités politiques.

- S'attaquer aux contraintes de financement causées par des coûts initiaux élevés est une condition préalable essentielle au déploiement à grande échelle des pompes à chaleur. Cependant, le soutien public au remplacement des technologies de chauffage et à la rénovation en profondeur ne doit pas être mis en concurrence, mais considéré comme complémentaire. Afin de faciliter la gestion du réseau, les États membres devraient créer les conditions réglementaires nécessaires pour encourager le fonctionnement des pompes à chaleur en fonction de l'approvisionnement en électricité. Cela ne nécessite pas seulement des incitations économiques, mais aussi le développement de normes techniques communes pour assurer l'interopérabilité.
- Afin de surmonter les goulets d'étranglement en matière de compétences et d'accélérer la diffusion de l'innovation, l'UE devrait soutenir l'émergence d'un réseau européen de centres de compétences en matière de pompes à chaleur impliquant tous les groupes de parties prenantes concernés. Outre l'organisation de recherches collaboratives sur la conception de solutions innovantes en matière de pompes à chaleur, les centres pourraient participer à l'élaboration du contenu des programmes de formation et des certificats associés.
- Outre la tarification du carbone à l'échelle de l'UE dans le cadre du nouveau système européen d'échange de quotas d'émission, la stimulation de choix de décarbonation minimisant les coûts présuppose une conception harmonisée et axée sur le climat des taxes et autres prélèvements sur les sources d'énergie.

Table des matières

1	Contexte	3
2	Rôle des pompes à chaleur dans la transition énergétique	4
2.1	Technologies.....	4
2.2	Contributions par secteur.....	6
2.2.1	Chauffage et refroidissement industriels et urbains	6
2.2.2	Chauffage et refroidissement des bâtiments	8
3	Situation du marché.....	10
3.1	Caractéristiques de la chaîne d'approvisionnement	10
3.2	Marché européen	11
3.3	Risques de marché.....	13
3.3.1	Risques liés à l'approvisionnement	13
3.3.2	Risques liés à la demande.....	14
4	Cadre réglementaire de l'UE	16
4.1	Stratégies.....	16
4.2	Règlement spécifique	17
4.2.1	Objectifs en matière d'énergies renouvelables.....	17
4.2.2	Performance énergétique des bâtiments.....	17
4.2.3	Dispositions relatives à la pollution atmosphérique	18
4.2.4	Tarification de l'électricité.....	18
4.2.5	Objectifs de production	19
5	Recommandations politiques.....	20
6	Conclusion	24

Liste des figures

Figure 1 : Types de systèmes de pompes à chaleur.....	6
Figure 2 : Acteurs clés de la chaîne d'approvisionnement des pompes à chaleur	11
Figure 3 : Ventes de pompes à chaleur par pays ou région.....	12
Figure 4 : Évolution des exportations et des importations de pompes à chaleur dans l'UE.....	12
Figure 5 : Rapport entre les prix de l'électricité pour les ménages et les prix du gaz naturel au second semestre 2023	15

1 Contexte

Représentant environ un tiers des émissions totales de gaz à effet de serre (GES) liées à l'énergie dans l'UE,¹ le secteur du bâtiment doit être un élément clé de la stratégie de décarbonation de l'UE. Dans les projections des scénarios qui sous-tendent la recommandation de la Commission pour un objectif de réduction des émissions à l'horizon 2040, le secteur du bâtiment devrait atteindre des réductions d'émissions de l'ordre de 88 % à 93 % par rapport à 1990.² Pour y parvenir, des améliorations massives de l'efficacité énergétique par le biais d'initiatives de rénovation doivent être combinées à une transformation du mélange de combustibles vers une électrification à grande échelle.

En raison de leur efficacité élevée et de leur maturité technique, les pompes à chaleur sont considérées comme la technologie clé pour la décarbonation du chauffage. En intégrant de l'électricité provenant de sources renouvelables dans le secteur du bâtiment, elles peuvent mettre fin à la dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles grâce au couplage sectoriel. En outre, leur rôle ne se limite pas au chauffage des bâtiments. Elles représentent également une source de chaleur appropriée pour un large éventail d'applications industrielles. C'est pourquoi la Commission fait spécifiquement référence aux pompes à chaleur dans son plan RePowerEU, en formulant l'objectif d'installer au moins 10 millions de pompes à chaleur supplémentaires d'ici 2027.³ Par la suite, dans le plan industriel Green Deal, elle a fixé l'objectif d'installer au moins 30 millions de pompes à chaleur supplémentaires d'ici 2030.⁴

Cependant, outre leur rôle clé dans la perspective technique, les pompes à chaleur sont également un paradigme pour les multiples défis et complexités des politiques de transition. Cela commence par la question du financement. Bien qu'elles offrent des coûts de cycle de vie inférieurs à ceux des technologies fossiles dans un large éventail de configurations, leur adoption est entravée par les coûts initiaux élevés d'achat et d'installation, qui imposent de lourdes contraintes de financement aux propriétaires. En outre, leur déploiement massif est menacé par les goulets d'étranglement croissants en matière de compétences pour l'installation. La production européenne de pompes à chaleur étant de plus en plus soumise à la pression des coûts, de nouvelles dépendances externes se profilent à l'horizon, exigeant que le soutien à la demande soit accompagné de mesures visant à garantir la sécurité de l'approvisionnement. Enfin, le débat sur les pompes à chaleur souligne l'importance cruciale de l'information et d'une communication politique claire. En Allemagne, une gestion politique chaotique et ignorante a fait des pompes à chaleur le symbole d'une transition énergétique mal planifiée et imposée d'en haut, ce qui a porté un coup aux investissements dans les pompes à chaleur.

Dans ce contexte, la Commission précédente a annoncé la préparation d'un plan d'action pour les pompes à chaleur, fournissant des outils pour surmonter les différents obstacles associés au déploiement des pompes à chaleur. Selon l'appel à contribution initial, ce plan devait inclure des

¹ AEE (2023). [Émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation d'énergie dans les bâtiments en Europe](#). Agence européenne pour l'environnement.

² Commission européenne (2024). Assurer notre avenir - L'objectif climatique de l'Europe pour 2040 et la voie à suivre pour parvenir à la neutralité climatique d'ici à 2050 en vue de bâtir une société durable, juste et prospère. Rapport d'analyse d'impact de la communication - Partie I. COM(2024) 63 final.

³ Commission européenne (2022). Plan REPowerEU. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. SWD(2022) 230 final.

⁴ Commission européenne (2023). Un plan industriel pour le Green Deal à l'ère du net zéro. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. COM(2023) 62 final.

mesures visant à combler le déficit de financement ainsi que des ajustements réglementaires aux exigences en matière d'écoconception et d'étiquetage énergétique.⁵ Toutefois, le plan, qui devait initialement être publié en 2023, a été reporté après les élections européennes. Étant donné la nécessité de signaux politiques clairs pour atteindre les objectifs ambitieux, cette situation a suscité de vives inquiétudes de la part de l'industrie et des décideurs politiques nationaux, ce qui a conduit 15 États membres à formuler un document officiel demandant une publication dans les délais.⁶ Cet Input du cep contribue au débat en fournissant une vue d'ensemble des obstacles existants sur le marché et en formulant des propositions politiques d'un point de vue systémique.

2 Rôle des pompes à chaleur dans la transition énergétique

2.1 Technologies

L'idée de base des pompes à chaleur est d'utiliser l'énergie thermique ambiante comme source de chauffage ou de refroidissement. L'énergie ambiante est absorbée par un réfrigérant liquide qui est ensuite vaporisé. L'énergie est ensuite amplifiée par la compression du réfrigérant et transférée par la pompe vers un puits de chaleur. Il peut s'agir d'un chauffage de bâtiment décentralisé, d'un chauffage urbain ou d'un utilisateur d'énergie industriel. Étant donné que la chaleur n'est pas obtenue par conversion énergétique, mais transférée, il est possible d'obtenir des niveaux d'efficacité élevés. L'énergie produite peut être plusieurs fois supérieure à l'énergie nécessaire pour faire fonctionner la pompe à chaleur, ce qui la rend nettement plus performante que les autres technologies de chauffage telles que les chaudières à gaz et les chauffages électriques. En outre, le cycle peut être inversé pour produire du froid au lieu de chauffer.

Les technologies de pompes à chaleur se distinguent généralement par la source de chaleur spécifique et la forme d'énergie qui en résulte (voir figure 1). La génération actuelle de pompes à chaleur gère quatre sources de chaleur différentes : l'air, l'eau, le sol et la chaleur résiduelle. Les pompes à chaleur à air sont les plus répandues, représentant environ 85 % de toutes les pompes à chaleur vendues dans le monde.⁷ Leur principal avantage réside dans les coûts d'installation relativement faibles, car la chaleur peut être directement captée dans l'air ambiant.

Les pompes à chaleur géothermiques et hydrauliques nécessitent un effort d'installation plus important. Les pompes à chaleur géothermiques nécessitent d'importants travaux de terrassement pour accéder à une quantité suffisante de chaleur. Ces travaux peuvent prendre la forme d'un forage vertical de plusieurs mètres de profondeur ou d'un vaste réseau horizontal de tuyaux. Cela implique non seulement des efforts financiers et temporels importants, mais, en fonction des besoins de chauffage, cela peut également entraîner une forte demande d'espace. Les pompes à chaleur à eau nécessitent d'importantes ressources en eau, comme des rivières, des lacs, des étangs ou des nappes phréatiques à proximité, les coûts d'installation dépendant fortement des conditions géologiques

⁵ Commission européenne (2023b). [Pompes à chaleur - plan d'action pour accélérer le déploiement dans l'UE](#). Appel à contribution.

⁶ États membres (2024). Le rôle du secteur du chauffage et du refroidissement dans le cadre climatique et énergétique de l'UE2040. Document officiel conjoint de la Lettonie, de l'Autriche, de Chypre, du Danemark, de l'Estonie, de la France, de la Grèce, de l'Irlande, de la Lituanie, du Luxembourg, de Malte, du Portugal, de la Slovaquie, de la Slovénie et de l'Espagne.

⁷ REN21 (2024). Rapport sur l'état des lieux des énergies renouvelables en 2024. Réseau politique sur les énergies renouvelables pour le 21^e siècle.

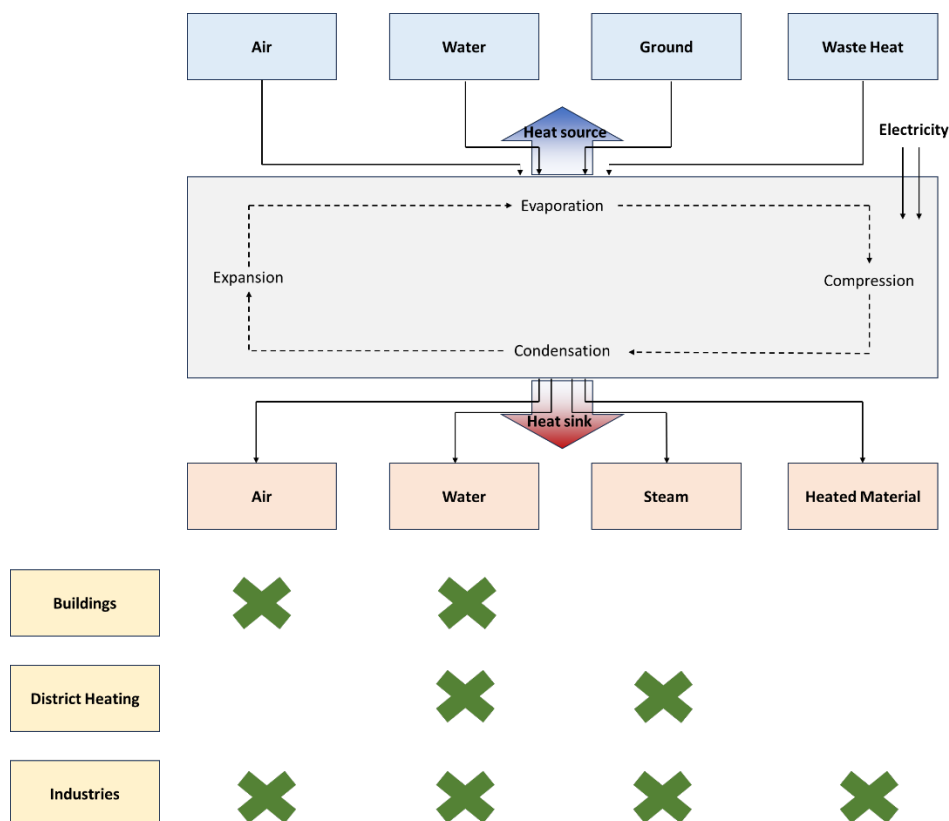
spécifiques. Les coûts d'installation dépendent fortement des conditions géologiques spécifiques. Toutefois, l'un des avantages des systèmes géothermiques et des systèmes à eau par rapport aux systèmes à air est leur plus grande efficacité en hiver, car les sources souterraines et les sources d'eau restent plus chaudes que l'air ambiant. Cela les rend plus attrayants dans les zones géographiques où l'accent est clairement mis sur la fourniture saisonnière de chaleur. La décision technologique est donc fortement influencée par l'environnement local et les besoins individuels en matière de chauffage. En outre, l'efficacité du système dépend du choix du compresseur, du condenseur et de l'évaporateur, qui sont les composants les plus importants.

Les pompes à chaleur industrielles fonctionnant à partir de la chaleur perdue représentent une opportunité pour les entreprises industrielles d'optimiser l'efficacité de leurs flux énergétiques internes en minimisant les pertes d'énergie. La chaleur résiduelle résultant du processus de production sous forme d'air d'échappement ou d'eaux usées est amplifiée par la pompe à chaleur et redirigée vers le processus de production dans un système en boucle fermée. De cette manière, la chaleur générée automatiquement par le processus, qui est trop faible pour être directement réutilisée, peut être conservée dans un cycle.

En ce qui concerne le puits de chaleur, les systèmes de pompe à chaleur air-air sont les plus répandus dans le monde. La principale divergence concerne à nouveau le compromis entre les coûts d'installation et l'efficacité, mais aussi les questions de compatibilité. Les systèmes air-air sont plus polyvalents et moins coûteux à installer. Cependant, ils ne sont pas compatibles avec les systèmes de chauffage central existants. De plus, comme ils ne transportent l'énergie que par l'air, ils ne contribuent pas à la production d'eau chaude. Pour cela, une source de chaleur secondaire est nécessaire, ce qui risque d'augmenter le coût total de l'installation. Pour ces raisons, les pompes à chaleur air-eau sont un choix courant lorsqu'il s'agit de remplacer la source de chauffage dans des bâtiments existants. Elles peuvent être raccordées aux systèmes de chauffage à eau existants et atteignent des niveaux d'efficacité plus élevés que les systèmes air-air. En revanche, en raison de la nécessité de composants supplémentaires tels qu'un réservoir d'eau chaude, les coûts d'installation et l'encombrement sont relativement élevés. D'autres formes de puits de chaleur, comme la vapeur, sont conçues pour des applications dans le chauffage urbain et l'industrie. Sur la base de ces technologies, les pompes à chaleur peuvent décarboniser un large éventail de processus industriels.⁸

⁸ AIE (2022). L'avenir des pompes à chaleur. Rapport spécial sur les perspectives énergétiques mondiales. Agence internationale de l'énergie.

Figure 1: Types de systèmes de pompes à chaleur



Source : AIE (2022) ; adaptation propre

2.2 Contributions par secteur

2.2.1 Chauffage et refroidissement industriels et urbains

Les pompes à chaleur utilisées comme principale source d'énergie dans les processus industriels ont généralement une capacité de plus de 200 kilowatts. En fonctionnant exclusivement à l'électricité, elles ont le potentiel de décarboniser totalement l'énergie industrielle lorsque l'électricité est entièrement obtenue à partir de sources renouvelables. En outre, dans de nombreuses applications, elles peuvent également offrir des gains d'efficacité par rapport aux chaudières fossiles traditionnelles.

Néanmoins, l'application des pompes à chaleur dans les industries est encore sous-développée et largement limitée aux processus à basse température, en dessous de 100 degrés Celsius. Cela s'explique notamment par les limites techniques imposées par les besoins en chaleur de certaines étapes de la production. Par exemple, certains procédés chimiques ainsi que des étapes de la fabrication du papier et des produits alimentaires nécessitent la fourniture continue de vapeur à des températures supérieures à 200 degrés Celsius. Cela nécessite non seulement des capacités élevées, mais peut également amener les pompes à chaleur conventionnelles à la limite de leur efficacité. Étant donné que l'on estime que ces procédés à haute température représentent plus de 60 % de la consommation totale de chaleur dans l'industrie, cela représente une contrainte sérieuse pour le rôle des pompes à chaleur en tant qu'outil de décarbonation dans l'industrie. Néanmoins, les efforts d'innovation actuels pourraient élargir considérablement le spectre des applications dans un avenir proche. À des températures comprises entre 160 et 200 degrés Celsius, des applications commerciales

sont déjà disponibles, mais elles sont coûteuses car elles nécessitent des types de compresseurs et de réfrigérants spéciaux. Pour les températures supérieures à 200 degrés Celsius, il existe au moins quelques prototypes. Leur percée commerciale est attendue pour la décennie en cours. Le tableau 1 présente une vue d'ensemble de l'état d'avancement des travaux.⁹

Tableau 1: Niveau de préparation technologique des pompes à chaleur pour différentes plages de température

Plage de température	Niveau de préparation technologique (TRL)	Exemples de processus
< 80 °C	TRL 11 : Preuve de la stabilité du marché	Papier : Désencrage Alimentaire : Concentration Chimique : Bio-réactions
80 °C à 100 °C	TRL 10 : commercial et compétitif, mais déploiement à grande échelle réalisé	Papier : Blanchiment Alimentaire : Pasteurisation Produit chimique : ébullition
100 °C à 140 °C	TRL 8-9 : applications commerciales inédites dans un environnement approprié	Papier : Séchage Alimentaire : Évaporation Chimique : Concentration
140 °C à 160 °C	TRL 6-7 : Démonstration pré-commerciale	Papier : Pâte à papier Aliments en ébullition : Séchage Chimie : Distillation Diverses industries : Production de vapeur
160 °C à 200 °C	TRL 4-5 : Prototype précoce à grande échelle TRL 8-9 : Applications commerciales inédites pour les systèmes MVR à petite échelle et les transformateurs de chaleur	Diverses industries : Production de vapeur à haute température
> 200 °C	TRL 4 : premier prototype	Diverses industries : Procédés à haute température

Source : AIE (2022) ; représentation propre

Le chauffage urbain impose des exigences de température plus basses, comprises entre 60 et 135 degrés Celsius, ce qui fait des pompes à chaleur une source de chaleur plus appropriée. Dans ces applications, des avantages particuliers peuvent être obtenus en combinant des pompes à chaleur à grande échelle fonctionnant avec des sources d'énergie locales renouvelables telles que l'électricité photovoltaïque avec des unités de production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE) alimentées par des déchets. De cette manière, il est possible de garantir un approvisionnement central en chaleur respectueux du climat et en même temps régulier pour les habitations. De plus, en combinant les pompes à chaleur avec un système de stockage thermique central, le chauffage urbain peut fournir un service important au système énergétique global. L'énergie excédentaire produite par les pompes à chaleur fonctionnant exclusivement à l'électricité provenant de sources renouvelables volatiles peut être stockée sous forme d'énergie thermique dans de grands réservoirs. De cette manière, les pics d'approvisionnement en électricité peuvent être coupés, ce qui permet de lutter contre les déséquilibres temporaires et de réduire les coûts de gestion du réseau. En règle générale, les réservoirs

⁹ Voir AIE (2022).

d'eau sont également une solution de stockage moins onéreuse que d'autres solutions telles que le stockage par batterie.¹⁰

Actuellement, la diffusion des pompes à chaleur en tant que technologie de chauffage central varie fortement d'un État membre à l'autre, en partie à cause des différences traditionnelles dans l'importance des réseaux de chauffage urbain. Dans les pays scandinaves, en particulier en Suède, les pompes à chaleur à grande échelle ont été largement installées dans les systèmes de chauffage urbain dès les années 1980. Récemment, des pays comme la France et l'Italie ont affiché des taux de croissance élevés en matière d'installation. Néanmoins, à l'échelle européenne, les pompes à chaleur ne représentent actuellement qu'environ 1 % de la capacité totale installée des systèmes de chauffage et de refroidissement urbains. Dans un avenir proche, on prévoit une croissance importante de la capacité, dont la réalisation dépendra toutefois fortement de l'évolution du cadre réglementaire.¹¹

2.2.2 Chauffage et refroidissement des bâtiments

Dans le domaine du chauffage décentralisé des bâtiments, les pompes à chaleur devraient apporter la contribution la plus importante à l'intégration des énergies renouvelables et donc aux objectifs de décarbonation. Outre leur avantage en termes d'efficacité générale, cela est également dû en partie à leur flexibilité. Elles peuvent fonctionner avec de l'électricité d'origine locale provenant de systèmes photovoltaïques sur les toits, mais aussi avec de l'électricité regroupée provenant de sources renouvelables situées à des centaines de kilomètres. Par rapport à d'autres technologies de chauffage renouvelables telles que les systèmes de granulés de bois et les chaudières à gaz alimentées au biométhane, elles sont moins dépendantes d'une ressource spécifique et naturellement limitée. En outre, par rapport à l'hydrogène renouvelable, autre solution potentielle future, c'est-à-dire l'hydrogène produit par électrolyse en utilisant de l'électricité provenant de sources renouvelables, l'utilisation directe de l'électricité et l'absence de pertes de conversion dans les pompes à chaleur offrent un bilan énergétique beaucoup plus favorable et donc une meilleure exploitation de la surface limitée disponible pour les centrales photovoltaïques et éoliennes en Europe. À l'avenir, cet avantage pourrait être renforcé par l'intégration dans les systèmes de pompes à chaleur d'autres sources d'énergie jusqu'à présent inutilisées, comme la chaleur des eaux usées domestiques, ce qui permettrait d'exploiter pleinement la flexibilité de la technologie.

D'un point de vue microéconomique, les pompes à chaleur affichent des coûts de cycle de vie moins élevés pour les ménages que les chaudières à gaz dans de nombreuses configurations réalistes. Cependant, face à des contraintes de crédit sévères, les coûts initiaux élevés d'achat et d'installation menacent de les rendre inabordables pour de nombreux propriétaires, en particulier pour ceux qui vivent dans des bâtiments anciens non rénovés. Leur niveau est sensible à l'infrastructure locale existante et aux conditions climatiques, mais tend à être sensiblement plus élevé que dans le cas des chaudières à combustible fossile. Selon la configuration, les efforts d'installation peuvent ne pas se limiter au système de pompe à chaleur en tant que tel, mais peuvent également nécessiter une mise à niveau de la connexion électrique pour faire face à la capacité électrique supplémentaire requise. Dans les cas où l'électricité est obtenue à partir de la production photovoltaïque domestique, la

¹⁰ Siddiqui, S., Macadam, J. et Barrett, M. (2021). The operation of district heating with heat pumps and thermal energy storage in a zero-emission scenario. *Energy Reports*, 7, 176-183.

¹¹ Euroheat & Power (2022). Les grandes pompes à chaleur dans les systèmes de chauffage et de refroidissement urbains. Rapport décembre 2022.

nécessité d'une source de chaleur stable peut entraîner l'installation supplémentaire d'un réservoir de stockage thermique. Dans le cas des pompes à chaleur géothermiques, les coûts des travaux de terrassement s'ajoutent à ces coûts.

Outre la question des coûts initiaux, l'environnement local peut empêcher les pompes à chaleur d'exploiter pleinement leur potentiel technique, ce qui fait augmenter les coûts d'exploitation et d'électricité.¹² Par exemple, les basses températures ambiantes dans les bâtiments mal isolés exigent des pompes à chaleur qu'elles comblent un écart de température important. Par conséquent, pour atteindre des niveaux d'efficacité potentiellement élevés, il peut être nécessaire d'améliorer la qualité de l'isolation des bâtiments et l'intelligence des systèmes de gestion de l'énergie des bâtiments parallèlement à l'installation de pompes à chaleur.¹³ Cela souligne la complémentarité entre les incitations politiques à la rénovation des bâtiments et à la décarbonation des sources de chaleur.

En outre, au niveau du système, l'installation généralisée de pompes à chaleur dans les bâtiments pose un nouveau défi aux réseaux électriques. Le passage du chauffage résidentiel aux pompes à chaleur implique que la demande d'électricité des ménages sera non seulement plus élevée au total, mais aussi caractérisée par des pics journaliers plus importants. Avec l'adoption croissante des véhicules électriques à batterie, ces pics pourraient encore s'intensifier : en rentrant du travail, les gens pourraient allumer leur chauffage et en même temps recharger leur voiture électrique. En outre, il y aura un nouveau pic saisonnier en hiver, dû à l'augmentation des besoins en chauffage. En conséquence, la planification à long terme du réseau doit s'adapter à ces nouvelles caractéristiques, ce qui peut, dans certaines régions, entraîner des coûts supplémentaires pour l'augmentation de la capacité des réseaux de distribution.¹⁴

Pour relever ce défi, il faut non seulement encourager les solutions techniques locales telles que les réservoirs de stockage, mais aussi permettre aux gestionnaires de réseaux d'exercer un contrôle direct sur les pompes à chaleur en cas de besoin. En Allemagne, l'interface Smart Grid (SG) a été développée à cette fin il y a une dizaine d'années. En 2023, elle est devenue une caractéristique obligatoire lors de la demande d'aide financière publique pour les investissements dans les pompes à chaleur en Allemagne.¹⁵ En outre, pour réduire les coûts de gestion du réseau, les incitations économiques décentralisées peuvent également jouer un rôle important. Il peut s'agir d'un modèle de prix de l'électricité plus différencié dans le temps (tarification dynamique) proposé aux ménages, incitant à réduire la consommation d'électricité pendant les heures de pointe. Idéalement, ces signaux devraient répondre à une volatilité imprévue tant du côté de l'offre que de la demande. En outre, les propriétaires de pompes à chaleur pourraient être directement récompensés pour les services qu'ils fournissent aux gestionnaires de réseau, comme l'offre de capacité sur les marchés de capacité de réserve ou une contribution à la tâche persistante de régulation de la fréquence.¹⁶ Bien entendu,

¹² Comme le montrent Kozarcanin et al. (2020), les augmentations de température moyenne attendues au cours de ce siècle amélioreront en fait l'équilibre économique des pompes à chaleur par rapport à d'autres technologies de chauffage, mais seulement à un rythme lent.

Kozarcanin, S., Hanna, R., Staffell, I., Gross, R. et Andresen, G. B. (2020). Impact of climate change on the cost-optimal mix of decentralised heat pump and gas boiler technologies in Europe. *Energy Policy*, 140, 111386.

¹³ Voir AIE (2022).

¹⁴ Toleikyte, A., Roca Reina, J. C., Volt, J., Carlsson, J., Lyons, L., Gasparella, A., ... & Letout, S. (2023). La vague des pompes à chaleur : opportunités et défis. Office des publications de l'Union européenne, Luxembourg.

¹⁵ GridX (2024). [SG Ready](#).

¹⁶ Lee, Z. E., Sun, Q., Ma, Z., Wang, J., MacDonald, J. S. et Max Zhang, K. (2020). Fournir des services de réseau avec des pompes à chaleur : A review. *Journal of Engineering for Sustainable Buildings and Cities*, 1(1), 011007.

toutes ces solutions nécessitent le déploiement général de compteurs intelligents et d'autres dispositifs de communication avec le réseau dans les bâtiments en Europe.

3 Situation du marché

3.1 Caractéristiques de la chaîne d'approvisionnement

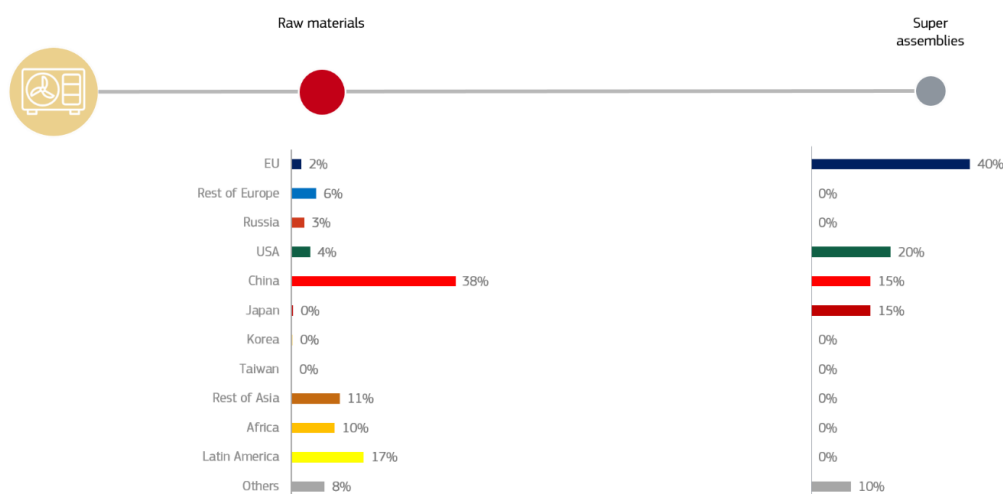
Tout en étant très spécifiques dans les détails, les systèmes de pompe à chaleur commerciaux actuels partagent les mêmes composants de base : une pompe, un condenseur, un évaporateur, un réfrigérant et un détendeur. La pompe elle-même est fabriquée à partir de matières premières similaires à celles des chaudières à gaz et à mazout conventionnelles, principalement de l'acier renforcé. Le condenseur et l'évaporateur sont constitués de nombreux petits tubes en acier allié, en cuivre ou en aluminium.¹⁷ Le réfrigérant utilisé pour transporter la chaleur peut être d'origine artificielle ou naturelle. Traditionnellement, on choisit les hydrofluorocarbures (HFC), un groupe de gaz artificiels composés d'hydrogène, de fluor et de carbone. Leurs atouts sont leurs propriétés thermodynamiques favorables et leurs faibles niveaux de toxicité. Cependant, le fait qu'il s'agisse de gaz à effet de serre a entraîné une transition vers d'autres réfrigérants naturels tels que l'eau, les hydrocarbures et l'ammoniac, accélérée dans l'UE par le règlement sur les gaz fluorés (voir section 4). En outre, l'amélioration de l'efficacité énergétique des pompes à chaleur nécessite l'incorporation de moteurs à commande électronique. Ceux-ci impliquent l'utilisation supplémentaire de matériaux semi-conducteurs.

Dans l'ensemble, la complexité de la conception des pompes à chaleur entraîne une dépendance à l'égard d'un large éventail de matières premières en partie critiques (en particulier le cuivre) ainsi que de compétences hautement spécialisées pour la production et l'installation. La figure 2 présente les résultats d'une analyse des parts de marché mondiales en 2023 réalisée par le Centre commun de recherche (CCR) de l'UE.¹⁸ En conséquence, si les producteurs de l'UE jouent un rôle important dans l'étape en aval de l'assemblage des composants, représentant près de la moitié de la part du marché mondial, l'Europe est confrontée à une forte dépendance extérieure au niveau des matières premières, principalement vis-à-vis de la Chine.

¹⁷ Scottish Enterprise (2023). Analyse des composants des pompes à chaleur et des systèmes de chauffage.

¹⁸ CCR (2023a). Analyse de la chaîne d'approvisionnement et prévision de la demande de matériaux dans les technologies et secteurs stratégiques de l'UE - Une étude prospective. Centre commun de recherche de la Commission européenne.

Figure 2: Acteurs clés de la chaîne d'approvisionnement des pompes à chaleur



Source: JRC (2023) : CCR (2023).

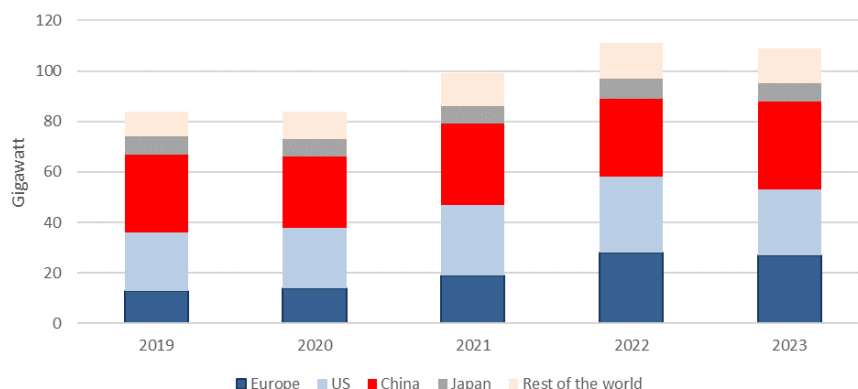
3.2 Marché européen

Ces dernières années, l'Europe est devenue l'un des principaux marchés pour les pompes à chaleur, à côté des États-Unis et de la Chine (voir figure 3).¹⁹ Pendant longtemps, les fabricants de l'UE ont pu exploiter leur avance technologique non seulement grâce à des ventes internes élevées, mais aussi grâce à une force d'exportation considérable. Pourtant, les importations de pompes à chaleur en provenance de pays tiers n'ont cessé de croître. Entre 2020 et 2022, elles ont explosé, faisant passer l'UE d'un statut d'exportateur net à celui d'importateur net de pompes à chaleur (voir figure 4). La Chine est la force dominante de cette évolution, représentant en 2023 96,8 % des importations de l'UE en termes de valeur.²⁰ Au niveau intermédiaire, on observe également des signes d'une forte augmentation des parts de marché pour certains composants critiques tels que les compresseurs. C'est le résultat d'une stratégie d'expansion ciblée. Les producteurs chinois peuvent s'appuyer sur leur vaste marché intérieur et sur les conditions favorables de la stratégie industrielle à long terme de la Chine. En outre, ils sont en mesure de transférer leurs connaissances et leur force d'innovation dans des domaines technologiques connexes tels que la climatisation et les capteurs solaires, où la Chine est leader du marché depuis déjà plus longtemps.²¹

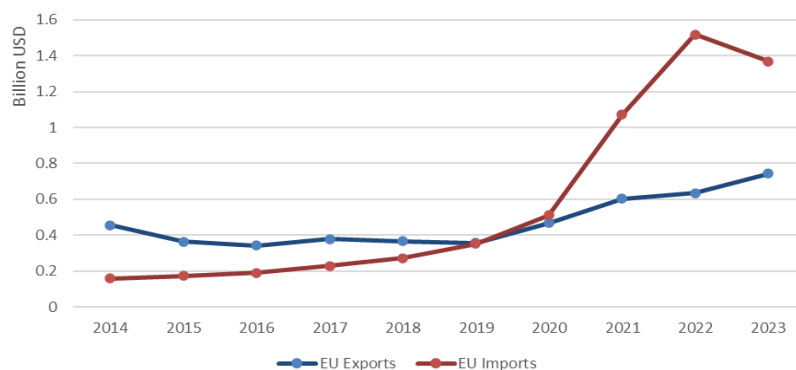
¹⁹ AIE (2024). [Pompes à chaleur - Dernières découvertes](#). Agence internationale de l'énergie.

²⁰ UN Comtrade (2024). [UNUComtrade Base de données](#). Nations Unies.

²¹ Commission européenne (2022b). Pompes à chaleur dans l'Union européenne 2022. Rapport de situation sur le développement technologique, les tendances, les chaînes de valeur et les marchés.

Figure 3: Ventes de pompes à chaleur par pays ou région

Source : AIE (2024).

Figure 4: Évolution des exportations et des importations de pompes à chaleur dans l'UE

Source : UN Comtrade (2024) ; illustration personnelle. Code HS : 841861.

Du côté de la demande, les chiffres de vente ont connu une forte tendance à la hausse en Europe au cours des dix dernières années. Les taux de croissance les plus élevés sont observés pour les systèmes de pompe à chaleur air-eau. En 2022, ils ont dépassé les systèmes air-air en tant que spécification la plus fréquente, probablement en raison de leur efficacité supérieure. Cependant, après une forte croissance annuelle en 2021 et 2022, les ventes de pompes à chaleur ont chuté en 2023 pour la première fois en dix ans. Si l'on compare les pays, les baisses de loin les plus importantes ont été enregistrées en Italie, suivie de la Pologne et de la Finlande. Les augmentations des ventes dans les autres pays n'ont pas pu compenser ces baisses.²² En conséquence, l'Union européenne a été retardée dans la réalisation de ses objectifs à long terme en matière d'installation de pompes à chaleur. Les quelque 24 millions de pompes à chaleur actuellement installées dans l'UE sont encore loin des 60 millions de pompes à chaleur nécessaires d'ici 2030, selon l'analyse d'impact de la communication de la Commission sur les objectifs climatiques pour 2040.²³ L'Association européenne des pompes à

²² EHPA (2024a). Rapport sur le marché et les statistiques des pompes à chaleur en Europe 2024 - Résumé. Association européenne des pompes à chaleur.

²³ Voir Commission européenne (2024).

chaleur (EHPA) souligne que si les ventes annuelles se maintiennent au niveau de 2023, le stock total n'atteindra que 45 millions de pompes à chaleur d'ici 2030.²⁴

3.3 Risques de marché

3.3.1 Risques d'approvisionnement

Parmi les différentes ressources minérales pertinentes pour la chaîne d'approvisionnement des systèmes de pompes à chaleur, le cuivre est considéré comme le plus critique dans un avenir proche. Bien que la dépendance de l'UE vis-à-vis des importations soit plutôt limitée par rapport à d'autres métaux critiques comme les terres rares et le lithium,²⁵ la forte augmentation de la demande mondiale prévue pour les années à venir en raison de la tendance générale à l'électrification menace de provoquer des pénuries. S&P Global estime que la production mondiale de cuivre devra doubler d'ici 2035 pour répondre à la demande croissante. Cela exige un effort qui va bien au-delà des investissements actuels dans les capacités minières.²⁶ En outre, les données minières montrent que les teneurs en cuivre des minerais, c'est-à-dire la part de cuivre contenue en moyenne dans les minerais de cuivre, sont en baisse.²⁷ Cela pourrait réduire les incitations à investir dans de nouvelles mines. Pour ces raisons, la Commission européenne a ajouté le cuivre à sa liste de matières premières critiques dans sa dernière mise à jour.²⁸

D'autres risques liés aux matières premières concernent la disponibilité des semi-conducteurs pour les unités de contrôle électrique des pompes à chaleur. Même si la longue crise des semi-conducteurs semble enfin terminée, la grande complexité et la granularité des chaînes d'approvisionnement en semi-conducteurs, ainsi que la forte division internationale du travail, continuent d'imposer des risques structurels en matière d'approvisionnement. Tout d'abord, la nécessité de transporter des composants et des équipements à travers le monde implique une exposition particulièrement élevée aux perturbations des routes maritimes mondiales causées par des catastrophes naturelles ou des conflits armés. Deuxièmement, la "guerre des puces" entre les États-Unis et la Chine risque de s'intensifier, entraînant une spirale de nouvelles mesures de restriction des échanges de la part de toutes les parties, y compris l'UE.²⁹ Avec les progrès technologiques, la demande de semi-conducteurs par les fabricants de pompes à chaleur est susceptible d'augmenter, car les systèmes de pompes à chaleur évoluent vers des formes plus complexes de gestion de l'énergie.

Outre les risques liés à l'approvisionnement en matériaux, la réalisation des objectifs de croissance ambitieux est également menacée par des goulets d'étranglement en matière de compétences, tant au niveau de la production que de l'installation (installateurs, plombiers, électriciens) des pompes à chaleur. L'EHPA prévoit qu'environ 500 000 travailleurs qualifiés seront nécessaires pour gérer le déploiement envisagé par le plan RePowerEU, alors que le nombre d'employés au début de 2023

²⁴ Voir EHPA (2024).

²⁵ Wolf, A. (2023). [Recyclage des technologies vertes de l'avenir](#). cepInput No.10/2023.

²⁶ S&P Global (2023). [Le déficit mondial en cuivre pourrait atteindre un niveau record ; la demande devrait doubler d'ici 2035](#).

²⁷ Association pour le développement du cuivre (2023). [Pourquoi le cuivre est un métal essentiel](#).

²⁸ Union européenne (2024a). Règlement (UE) 2024/1252 du Parlement européen et du Conseil du 11 avril 2024 établissant un cadre pour garantir un approvisionnement sûr et durable en matières premières critiques et modifiant les règlements (UE) n° 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1724 et (UE) 2019/1020 Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE.

²⁹ Z2Data (2024). [Les cinq plus grandes perturbations de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs en 2024](#).

n'était estimé qu'à environ 117 000.³⁰ Cependant, une analyse du CCR révèle que les taux de vacance d'emploi dans les secteurs concernés par la transition énergétique (fabrication, fourniture d'énergie, construction, activités scientifiques et techniques) ont doublé entre le deuxième trimestre de 2020 et le premier trimestre de 2023. Cette évolution n'est apparemment pas exclusivement liée à la rapidité de la sortie de crise, mais également à la tendance à long terme d'une diminution de la population en âge de travailler. En outre, les changements structurels de la demande sur le marché du travail provoqués par la double transition augmentent également le risque d'inadéquation des compétences dans les secteurs de croissance tels que les pompes à chaleur. Selon la dernière enquête européenne sur les compétences et l'emploi, les besoins en compétences sont particulièrement importants dans les secteurs de l'approvisionnement en énergie et de la fabrication.³¹ Dans le même temps, seule une minorité de travailleurs a participé récemment à des activités de formation. En 2022, le taux de participation à l'échelle de l'UE s'élevait à 24 % pour les travailleurs de l'industrie manufacturière et à 34 % pour les travailleurs du secteur de l'approvisionnement en énergie.³²

3.3.2 Risques liés à la demande

Du côté de la demande, les risques concernent principalement le déploiement des pompes à chaleur pour le chauffage décentralisé des bâtiments. Cela commence par les restrictions d'espace physique. Si l'espace requis pour la pompe à l'extérieur du bâtiment peut être géré efficacement par le choix de la technologie (par exemple, en choisissant une pompe à chaleur à air plutôt qu'une pompe à chaleur géothermique), l'unité d'échange de chaleur nécessite en tout état de cause un espace intérieur supplémentaire suffisant.³³ L'augmentation de l'efficacité du système nécessite généralement des unités plus grandes, ce qui implique un compromis entre les économies d'énergie et l'espace.³⁴ En outre, pour atteindre les taux d'électrification nécessaires à la décarbonation du secteur du bâtiment, la modernisation des bâtiments existants à l'aide de pompes à chaleur doit être stimulée de manière significative. En principe, la diversité des solutions de pompes à chaleur offre un large éventail de solutions sur mesure pour différents types de bâtiments existants. Toutefois, la performance énergétique de la variante choisie dépendra dans tous les cas des températures de départ du système de chauffage. Dans les bâtiments anciens et mal isolés, ces températures sont relativement élevées, ce qui réduit le ratio de performance des pompes et risque donc de ruiner l'économie. Des efforts de rénovation simultanés, comme l'amélioration de l'isolation de la façade ou le remplacement des vieux radiateurs, peuvent améliorer le rendement, mais s'accompagnent de coûts initiaux supplémentaires et d'une perte temporaire de confort de vie.

Les prix de l'électricité sont un autre facteur susceptible d'entraver la demande de pompes à chaleur en Europe. Pour les ménages qui étudient la rentabilité du remplacement de leur source de chauffage, le rapport entre le prix de l'électricité et celui des combustibles fossiles est un indicateur essentiel. Selon une règle empirique courante, l'électricité doit coûter moins de deux fois le prix du gaz naturel pour que les pompes à chaleur permettent de réaliser des économies par rapport aux chaudières à

³⁰ EHPA (2023). [A la recherche d'un demi-million de travailleurs du secteur des pompes à chaleur](#). Association européenne des pompes à chaleur.

³¹ CCR (2023b). Compétences pour la transition énergétique dans un marché du travail en mutation. Centre commun de recherche de la Commission européenne.

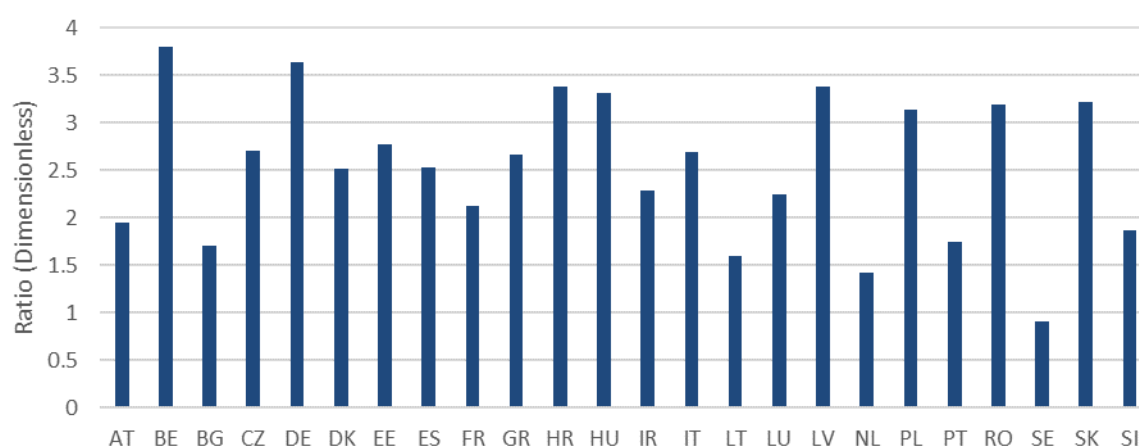
³² Eurostat (2024a). [Taux de participation des salariés à l'éducation et à la formation](#). Base de données Eurostat.

³³ Wolf (2024). [Les pompes à chaleur sont-elles adaptées aux bâtiments anciens ?](#)

³⁴ Swegon (2023). [Espace requis pour les solutions de pompes à chaleur](#).

gaz.³⁵ À cet égard, compte tenu des prix actuels de l'énergie pour les ménages, l'évaluation aboutirait à des conclusions très différentes selon les États membres, des pays comme l'Allemagne et l'Italie dépassant ce seuil maximal (voir figure 5).³⁶ Cette divergence existe même s'il existe un lien direct entre les prix de l'électricité et du gaz en raison du rôle fréquent des centrales à gaz dans la fixation des prix sur le marché de gros de l'électricité. L'une des raisons probables est l'écart entre la charge fiscale pesant sur l'électricité et celle pesant sur le gaz naturel. Outre les taxes spécifiques sur l'énergie, cela peut être dû à des différences dans les redevances de réseau ou à l'existence de taxes destinées à financer la promotion des énergies renouvelables. En outre, au niveau européen, le fait que la production d'électricité soit depuis longtemps soumise à la tarification du carbone dans le cadre du système d'échange de quotas d'émission (ETS), alors que la consommation de gaz par les ménages ne l'est pas, a contribué à aggraver la relation entre les prix de l'énergie et les pompes à chaleur. Toutefois, avec l'approbation de la mise en œuvre d'un système d'échange de quotas d'émission (ETS-II) pour le secteur des bâtiments et des transports, cette situation est sur le point de changer dans un avenir proche (voir section 4).

Figure 5: Rapport entre les prix de l'électricité pour les ménages et les prix du gaz naturel au second semestre 2023



Source : Eurostat (2024b) ; calculs personnels : Eurostat (2024b) ; calculs propres.

Enfin, la complexité et l'incertitude réglementaires peuvent également représenter un risque sérieux pour la demande. Des règles peu transparentes et instables en matière d'aide à l'investissement public et de normes de performance énergétique peuvent entraîner une surcharge d'informations et rendre les investissements dans les pompes à chaleur vulnérables aux perturbations du marché. L'évolution récente de la situation en Italie est un bon exemple de ce dernier point. Les généreuses déductions fiscales pour les investissements en chauffage introduites par le gouvernement Conti en 2020 ont couvert plus de 100 % des coûts. Cela a entraîné un boom des ventes sans précédent pour les pompes à chaleur et le chauffage au gaz naturel. Dès que le gouvernement Meloni a mis fin au programme en 2023, le marché s'est presque complètement effondré.³⁷ De telles perturbations alimentent chez les propriétaires une attitude attentiste qu'il est de plus en plus difficile de surmonter avec de nouvelles mesures de soutien. Les discussions et les amendements interminables entourant la révision de la loi

³⁵ Voir EHPA (2024a).

³⁶ Eurostat (2024b). [Statistiques de l'énergie - prix du gaz naturel et de l'électricité](#). Base de données Eurostat.

³⁷ Nouvelles du black-out (2023). [Pompes à chaleur en Italie : les subventions sont épuisées, le marché s'effondre](#).

sur l'énergie dans les bâtiments en Allemagne en 2023 sont un autre exemple d'une politique bien intentionnée ayant l'effet incitatif positif inverse de celui escompté.³⁸

4 Cadre réglementaire de l'UE

4.1 Stratégies

En 2016, avec la stratégie de l'UE en matière de chauffage et de refroidissement, la Commission a fait un premier pas important pour rendre le chauffage et le refroidissement en Europe plus efficaces et durables. Elle visait à lever les obstacles à la rénovation énergétique et à l'échange d'équipements de chauffage. Dans la stratégie, l'électrification par les pompes à chaleur était déjà mentionnée comme un moyen prometteur d'accroître l'efficacité dans le secteur du bâtiment. La stratégie annonçait une analyse plus approfondie de la manière de parvenir à une décarbonation efficace dans le cadre de la révision des lois sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.³⁹ La prochaine étape stratégique majeure a été la publication de la communication "Une vague de rénovation pour l'Europe" en 2020. Publiée pendant la récession économique de la première phase de la pandémie de COVID-19, elle visait à stimuler les investissements dans la rénovation en profondeur, y compris l'intégration des énergies renouvelables, par le biais d'incitations ciblées. L'idée était de combiner des impulsions conjoncturelles à court terme avec un coup de pouce à la modernisation structurelle à long terme du parc immobilier. Il soulignait le rôle central de la rénovation des bâtiments dans les plans de relance nationaux et recommandait un financement supplémentaire à long terme de l'UE pour les activités de rénovation au-delà de la facilité temporaire de redressement et de résilience.⁴⁰

En 2021, le plan "Fit-for-55" a apporté des changements réglementaires majeurs aux marchés européens du chauffage. Outre les objectifs et les mesures visant directement les sources de chaleur (voir ci-dessous), la proposition d'introduire un système d'échange de quotas d'émission (ETS-II) pour le secteur des bâtiments et des transports a marqué une étape importante vers une tarification homogène du carbone pour la chaleur dans les bâtiments.⁴¹ En 2022, l'invasion russe en Ukraine et la crise d'approvisionnement en gaz qui en a résulté dans l'UE ont suscité un regain d'intérêt politique. Outre une série de mesures de stabilisation à court terme axées sur les marchés du gaz, la Commission a réagi rapidement en proposant une nouvelle stratégie à long terme pour parvenir à l'indépendance énergétique vis-à-vis de la Russie, appelée RePowerEU. Cette stratégie comporte de nouveaux objectifs visant à accélérer le passage aux sources de chaleur renouvelables, notamment en doublant le taux de déploiement actuel des pompes à chaleur individuelles, ce qui se traduira par 10 millions de pompes à chaleur supplémentaires au cours des cinq prochaines années. Pour soutenir les chaînes d'approvisionnement en technologies de pompes à chaleur, la Commission a annoncé une révision des exigences en matière de durabilité du cycle de vie (écoconception, étiquetage énergétique) et un

³⁸ EHPA (2024b). Pump it down : why heat pump sales dropped in 2023. Association européenne des pompes à chaleur.

³⁹ Commission européenne (2016). Une stratégie européenne en matière de chauffage et de refroidissement. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. COM(2016) 51 final.

⁴⁰ Commission européenne (2020). Une vague de rénovation pour l'Europe - Rendre nos bâtiments plus écologiques, créer des emplois et améliorer les conditions de vie. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. COM(2020) 662 final.

⁴¹ Union européenne (2023a). Directive (UE) 2023/959 du Parlement européen et du Conseil du 10 mai 2023 modifiant la directive 2003/87/CE établissant un système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre dans l'Union et la décision (UE) 2015/1814 concernant l'établissement et le fonctionnement d'une réserve de stabilité du marché pour le système d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre de l'Union.

soutien aux initiatives des États membres visant à établir des projets importants d'intérêt européen commun (IPCEI) sur le développement des technologies de pompes à chaleur.⁴²

4.2 Règlement spécifique

4.2.1 Objectifs en matière d'énergies renouvelables

Les objectifs sectoriels pour le déploiement des énergies renouvelables fixés par la version actuelle de la directive sur les énergies renouvelables (RED III) sont conçus pour avoir un impact stimulant sur les installations de pompes à chaleur. Elle demande aux États membres de définir des parts nationales indicatives pour l'utilisation d'énergie renouvelable produite sur site ou prélevée sur le réseau dans les bâtiments en 2030 dans le cadre de leurs plans nationaux pour l'énergie et le climat (PNEC). Ces parts sont censées être compatibles avec l'objectif européen d'au moins 49 % d'énergie provenant de sources renouvelables dans le secteur du bâtiment. En outre, des objectifs obligatoires pour chaque État membre sont définis pour l'utilisation des énergies renouvelables dans le secteur du chauffage et du refroidissement. Au cours de la période 2021-2025 (2026-2030), l'augmentation annuelle moyenne doit être de 0,8 % (1,1 %). Pour atteindre ces objectifs, les États membres doivent mettre en œuvre des mesures de soutien spécifiques telles que des incitations financières à l'installation d'équipements de chauffage et de refroidissement renouvelables, l'installation de ces équipements dans les bâtiments publics et des exigences pour les régions en ce qui concerne la planification de la chaleur renouvelable. Des objectifs nationaux spécifiques sont définis pour les énergies renouvelables et la chaleur résiduelle dans le chauffage et le refroidissement urbains. Leur part dans l'apport énergétique doit augmenter en moyenne d'année en année d'un pourcentage indicatif de 2,2 points de pourcentage au cours de la période 2021-2030. Les mesures nationales mises en œuvre pour atteindre ces objectifs seront décrites dans les PECN.⁴³

4.2.2 Performance énergétique des bâtiments

La directive sur la performance énergétique des bâtiments (EPBD) et la directive sur l'efficacité énergétique (EED) définissent ensemble les exigences et les incitations pour améliorer l'efficacité énergétique de l'utilisation de la chaleur dans les bâtiments. Cela affecte également la performance et donc le rendement économique des pompes à chaleur. La directive EPBD impose aux États membres de mettre en place des plans nationaux de rénovation des bâtiments en tant qu'outil stratégique pour atteindre l'objectif à long terme d'un parc immobilier national hautement efficace et entièrement décarboné d'ici 2050. Cela implique une feuille de route avec des objectifs spécifiques à moyen terme et des mesures politiques. En outre, pour les bâtiments neufs et les bâtiments faisant l'objet de rénovations importantes, les États membres fixent des exigences minimales en matière de performance énergétique pour les parties du bâtiment qui sont essentielles à la performance énergétique du bâtiment et en assurent le suivi. À partir de 2030, tous les nouveaux bâtiments seront des bâtiments à zéro émission, c'est-à-dire qu'ils auront une performance énergétique très élevée, ne nécessiteront pas ou très peu d'énergie et ne produiront pas d'émissions de carbone sur site à partir de combustibles fossiles. Pour les bâtiments publics, cet objectif est déjà fixé à 2028. En outre, les États

⁴² Voir Commission européenne (2022).

⁴³ Union européenne (2023). Directive (UE) 2023/2413 du Parlement européen et du Conseil du 18 octobre 2023 modifiant la directive (UE) 2018/2001, le règlement (UE) 2018/1999 et la directive 98/70/CE en ce qui concerne la promotion de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, et abrogeant la directive (UE) 2015/652 du Conseil.

membres doivent fixer des exigences techniques pour le remplacement et la modernisation des systèmes techniques de bâtiment existants, afin de garantir une installation correcte et une consommation d'énergie minimale. Plus précisément, à partir du 29 mai, 2026, les nouveaux bâtiments et les bâtiments faisant l'objet de rénovations importantes devront être équipés de systèmes de surveillance électronique et être en mesure d'adapter leur consommation d'énergie à des signaux externes.⁴⁴

Ces mesures concrètes sont complétées par la DEE et son objectif général de réduire la consommation d'énergie finale de l'UE d'au moins 11,7 % en 2030 par rapport au scénario de référence de l'UE pour 2020. Le secteur public jouera un rôle de premier plan à cet égard, en atteignant l'objectif spécifique de réduire sa consommation d'énergie finale de 1,9 % chaque année jusqu'en 2030. Cela représente une impulsion importante pour l'installation de pompes à chaleur très efficaces dans les bâtiments publics. Cette démarche est soutenue par les exigences en matière de marchés publics, qui obligent les autorités publiques à n'acheter que des produits à haute efficacité énergétique.⁴⁵

4.2.3 Dispositions relatives à la pollution atmosphérique

Les pompes à chaleur sont également concernées par l'approche réglementaire de l'UE en matière de pollution de l'air, qui impose des restrictions à l'utilisation de certains réfrigérants synthétiques en raison de leur potentiel élevé de réchauffement de la planète. Le 7 février 2024, un nouveau règlement sur les gaz fluorés a été adopté. Il met en œuvre un système de quotas plus ambitieux pour les hydrofluorocarbures (HFC) sur le marché de l'UE, y compris ceux utilisés dans les systèmes de pompes à chaleur. Il définit une quantité annuelle maximale pouvant être mise sur le marché, qui est progressivement réduite au fil du temps et devient nulle en 2050. Cette quantité maximale est divisée en quotas alloués aux producteurs et aux importateurs.⁴⁶ Cette procédure implique une pénurie croissante et, au moins à court terme, une augmentation des prix des HFC, ce qui pousse les producteurs de pompes à chaleur à se tourner vers des réfrigérants plus durables comme l'ammoniac et l'eau. En outre, le débat sur une interdiction générale par l'UE des substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) dans le cadre du règlement REACH est toujours en cours, en raison de leur lente dégradation naturelle. Les pompes à chaleur utilisant des hydrofluoro-oléfinés (HFO) comme réfrigérants seraient concernées, car elles contiennent des PFAS.⁴⁷

4.2.4 Tarification de l'électricité

Récemment, la Commission a fait des propositions qui affectent les niveaux de prix et les contrats d'électricité pour les consommateurs, et donc la performance économique des pompes à chaleur. La réforme des marchés de l'électricité, composée d'une directive et d'un règlement, a été adoptée le 13 juin 2024. Le règlement introduit le concept de régimes d'aide à la flexibilité pour les énergies non fossiles. Il s'agit de subventions accordées aux installations qui participent à des mécanismes de capacité visant à stabiliser le réseau électrique. Outre la capacité de production, cela inclut également

⁴⁴ Union européenne (2024b). Directive (UE) 2024/1275 du Parlement européen et du Conseil du 24 avril 2024 sur la performance énergétique des bâtiments.

⁴⁵ Union européenne (2023c). Directive (UE) 2023/1791 du Parlement européen et du Conseil du 13 septembre 2023 relative à l'efficacité énergétique et modifiant le règlement (UE) 2023/955.

⁴⁶ Union européenne (2024c). Règlement (UE) 2024/573 du Parlement européen et du Conseil du 7 février 2024 relatif aux gaz à effet de serre fluorés, modifiant la directive (UE) 2019/1937 et abrogeant le règlement (UE) n° 517/2014.

⁴⁷ Clade (2024). [PFAS : le secret de la pollution toxique de l'industrie des pompes à chaleur](#).

les installations de réponse à la demande telles que les pompes à chaleur. Ainsi, les propriétaires de pompes à chaleur peuvent bénéficier d'une aide publique pour ajuster leur demande en fonction des besoins du réseau. La France a déjà mis en œuvre un régime de soutien correspondant.⁴⁸ Lors de l'élaboration de ces mesures, les États membres veillent à s'aligner correctement sur les marchés de l'électricité, c'est-à-dire qu'ils évitent de fausser les marchés et les processus de gestion du réseau.⁴⁹ En outre, la nouvelle directive donne aux consommateurs d'électricité équipés de compteurs intelligents le droit d'exiger des contrats à prix dynamiques, c'est-à-dire des contrats dont les prix varient dans le temps. Les fournisseurs d'électricité doivent fournir aux clients toutes les informations nécessaires pour comprendre les coûts et les risques de ces contrats.⁵⁰ Enfin, en ce qui concerne le rapport entre les prix de l'électricité et ceux des combustibles fossiles, les négociations actuellement en cours sur la révision de la directive sur la taxation de l'énergie sont d'une grande importance. Cette directive définit des taux minimaux pour les droits d'accises nationaux sur les vecteurs énergétiques. La proposition de la Commission prévoit un écart important entre les taux minimaux de taxation des combustibles fossiles, d'une part, et de l'électricité et des combustibles renouvelables, d'autre part, afin d'encourager l'utilisation d'énergies à faible taux d'émission.⁵¹

4.2.5 Objectifs de production

Le Net-Zero Industry Act définit pour la première fois des objectifs concrets pour le déploiement de capacités de production de technologies net-zéro dans l'UE. D'ici à 2030, la capacité de production nationale pour les technologies net-zéro, y compris les pompes à chaleur, devra représenter 40 % des besoins annuels de déploiement de l'UE. En outre, d'ici à 2040, l'UE devrait s'emparer de 15 % du marché mondial de ces technologies. Pour atteindre les objectifs fixés, la loi sur l'industrie nette-zéro comprend une série de mesures de soutien applicables aux projets créant des capacités de production pour les technologies énumérées. Le cadre de soutien est divisé en deux étapes. Tout d'abord, une forme de soutien de base s'applique à tous les projets de fabrication de technologies net-zéro. Il s'agit notamment de délais maximaux pour les procédures d'autorisation de 12 mois pour les projets à petite échelle (capacité < 1 GW) et de 18 mois pour les projets à grande échelle (≥ 1 GW). En outre, pour soutenir la fabrication nationale du côté de la demande, la loi sur l'industrie nette-zéro envisage de nouveaux critères pour les procédures de marchés publics impliquant des technologies net-zéro. Il s'agit notamment d'exigences minimales obligatoires en matière de durabilité environnementale de la production, qui seront précisées ultérieurement par un acte d'exécution. En outre, de nouveaux critères de résilience sont définis pour les appels d'offres publics, y compris la règle selon laquelle pas plus de 50 % de l'approvisionnement de l'UE en technologies net-zéro ne peut provenir d'un seul pays tiers.

⁴⁸ Commission européenne (2023). [La Commission approuve un régime d'aides d'État français de 1,3 milliard d'euros destiné à soutenir les technologies non fossiles afin d'assurer l'adéquation entre l'offre et la demande d'électricité.](#)

⁴⁹ Union européenne (2024d). Règlement (UE) 2024/1747 du Parlement européen et du Conseil du 13 juin 2024 modifiant les règlements (UE) 2019/942 et (UE) 2019/943 en ce qui concerne l'amélioration de la conception du marché de l'électricité de l'Union.

⁵⁰ Union européenne (2024e). Directive (UE) 2024/1711 du Parlement européen et du Conseil du 13 juin 2024 modifiant les directives (UE) 2018/2001 et (UE) 2019/944 en ce qui concerne l'amélioration de la conception du marché de l'électricité de l'Union.

⁵¹ Commission européenne (2021). Proposition de directive du Conseil restructurant le cadre de l'Union pour la taxation des produits énergétiques et de l'électricité.

Des règles spécifiques s'appliquent aux projets nets zéro dits stratégiques. Les projets de fabrication de technologies net-zéro doivent être reconnus par les États membres comme "stratégiques" s'ils contribuent aux objectifs de capacité de la législation, fournissent aux industries européennes les meilleures technologies disponibles et remplissent au moins un autre critère sur chacune des deux listes de critères. La première liste comprend la production de technologies nettes zéro pour lesquelles il existe une forte dépendance aux importations (part des pays tiers supérieure à 50 %), la production de technologies nettes zéro jouant un rôle crucial pour la résilience de l'UE, ainsi que les projets contribuant de manière significative aux objectifs climatiques ou énergétiques de l'UE à l'horizon 2030. La deuxième liste comprend comme critères alternatifs la présence de mesures de qualification et de requalification ou de contributions à la compétitivité des PME. Les projets stratégiques nets zéro doivent bénéficier d'un statut prioritaire spécial dans les procédures nationales d'octroi de permis, y compris en ce qui concerne la rapidité de traitement des litiges liés à l'octroi du permis. Des délais encore plus stricts s'appliquent à la procédure d'octroi de permis elle-même, à savoir 9 mois pour les projets à petite échelle (capacité < 1 GW) et 12 mois pour les projets à grande échelle ($\geq$ 1 GW). En outre, les projets stratégiques net-zéro peuvent demander des conseils spécifiques sur le financement du projet auprès de la plateforme Net-Zero Europe nouvellement créée.⁵²

5 Recommandations politiques

Promouvoir la décarbonation de la consommation de chaleur est, à bien des égards, encore plus difficile que la décarbonation de la production d'électricité. Les décideurs politiques doivent faire face à une énorme variété de solutions technologiques potentielles, dont la faisabilité technique et économique varie considérablement en fonction des circonstances locales. Ils doivent s'occuper du secteur du bâtiment, qui est un grand consommateur de chaleur et qui est donc directement confronté aux craintes de pauvreté énergétique, ce qui signifie que toute politique fera l'objet d'un examen approfondi de la part de l'opinion publique. Elles doivent également faire face au couplage plus étroit entre les flux d'électricité et de chaleur provoqué par la tendance à l'électrification et à son impact sur le coût global de la gestion du système énergétique. Dans ce contexte, les stratégies politiques risquent toujours de négliger les limites technologiques ou de se perdre dans les besoins réglementaires détaillés de configurations technologiques spécifiques. Pour l'UE en particulier, ces risques sont aigus, car elle doit traiter avec des États membres qui, par tradition, présentent de grandes disparités dans la combinaison des sources de chaleur et dans les réglementations nationales correspondantes. La seule solution viable est une approche mixte : fournir des lignes directrices générales solides basées sur des objectifs politiques communs au niveau central, tout en garantissant un maximum de flexibilité technologique dans la mise en œuvre.

Lors de l'élaboration d'un cadre pour la promotion des pompes à chaleur, les politiques devraient avant tout viser à exploiter le rôle central des pompes à chaleur dans la décarbonation de la consommation de chaleur à des coûts globaux faibles, tout en minimisant les risques internes et externes sur cette voie. Cela nécessite des incitations économiques transparentes et cohérentes. Des institutions doivent également être mises en place pour garantir un échange d'informations à l'échelle de l'UE sur les options technologiques entre les fabricants, les installateurs et les utilisateurs de pompes à chaleur, et

⁵² Union européenne (2024f). Règlement (UE) 2024/1735 du Parlement européen et du Conseil du 13 juin 2024 établissant un cadre de mesures pour le renforcement de l'écosystème manufacturier européen à technologie nette zéro et modifiant le règlement (UE) 2018/1724.

pour lutter contre la diffusion d'informations erronées auprès du public. Enfin, comme pour d'autres technologies stratégiques net-zéro à développement rapide, la gestion des politiques nécessite une surveillance continue des chaînes d'approvisionnement transfrontalières et un échange entre les décideurs politiques et l'industrie pour faire face aux risques émergents en matière d'approvisionnement. Dans cet esprit, nous proposons quelques suggestions générales concernant les priorités politiques.

Appliquer des signaux clairs en matière de prix du carbone

Pour naviguer dans la diversité des options de décarbonation, il faut un pilotage décentralisé par le biais des prix du carbone. Ceux-ci doivent être mis en œuvre dans l'ensemble de l'UE et alignés sur les objectifs généraux de réduction des émissions. Cela encouragera les choix technologiques non faussés, motivés principalement par les coûts de réduction, et concentrera ainsi l'utilisation des pompes à chaleur dans les domaines où elles offrent les plus grands avantages en termes d'efficacité. À cet égard, le succès du futur SCEQE-II sera crucial pour la poursuite de la décarbonation du secteur du bâtiment et l'équilibre avec les réductions d'émissions industrielles. Lors de sa mise en œuvre et de son développement, les décideurs politiques doivent prendre en compte l'impact négatif potentiel de l'incertitude du prix du carbone sur les investissements précoces dans les pompes à chaleur. Elle exacerbe les contraintes auxquelles sont confrontés les propriétaires pour financer les coûts initiaux des systèmes de pompes à chaleur en augmentant l'incertitude quant à l'ampleur et au calendrier du retour sur investissement futur en termes d'économies d'énergie. Une attitude attentiste de la part des propriétaires pourrait à son tour avoir de graves conséquences sur l'efficacité à long terme du système : une forte demande de quotas pendant la phase de démarrage exercerait une forte pression à la hausse sur les prix des quotas, ce qui entraînerait des appels en faveur d'une augmentation de l'offre de quotas par le biais de ventes aux enchères spéciales ou d'une réduction moins ambitieuse du plafond à l'avenir. Pour éviter cette situation, il faut un engagement crédible en faveur des futures trajectoires d'atténuation et un soutien ciblé pour surmonter les contraintes financières (voir ci-dessous).

Harmoniser la taxation de l'énergie en fonction des objectifs globaux de la politique climatique

Outre la tarification générale du carbone, le choix optimal des technologies de réduction dans le secteur du chauffage nécessite également une conception harmonisée et non faussée des taxes et autres prélèvements sur les sources d'énergie. À cette fin, les négociations sur la réforme de la directive européenne sur la taxation de l'énergie, actuellement dans l'impasse, doivent enfin aboutir. Comme l'a initialement proposé la Commission, la version adoptée devrait prévoir un écart significatif entre les niveaux minimaux de taxation fixés pour les combustibles fossiles et ceux fixés pour les combustibles de chauffage renouvelables et l'électricité. De leur côté, les États membres devraient appliquer la réforme de manière cohérente, c'est-à-dire que les taux d'imposition réels sur les sources d'énergie utilisées dans les technologies énergétiques respectueuses du climat devraient être suffisamment proches du taux d'imposition minimum pour soutenir leur mise en œuvre. En particulier, le rapport entre les prix de détail du gaz et de l'électricité devrait servir de référence pour s'assurer que l'avantage des pompes à chaleur en termes d'efficacité est suffisamment pris en compte. En outre, les États membres devraient envisager des moyens de réduire les frais de réseau électrique et d'autres composantes spécifiques du prix non marchand de l'électricité sans fausser la fixation des prix du

marché. Une telle approche compléterait les effets incitatifs du futur système d'échange de quotas d'émission II et permettrait ainsi de réduire les pressions politiques visant à diluer sa fonction.

Surmonter les contraintes financières grâce à une approche globale

S'attaquer aux contraintes financières causées par des coûts initiaux élevés est une condition préalable essentielle non seulement pour le déploiement à grande échelle des pompes à chaleur, mais aussi pour une décarbonation du secteur du chauffage en général qui minimise les coûts. En plus du soutien fiscal continu au niveau national, le Fonds social européen pour le climat peut devenir un autre instrument de financement important pour les pompes à chaleur avec le démarrage de l'ETS-II. Cependant, son utilisation ciblée dépendra de la préparation et de la mise en œuvre des plans sociaux pour le climat par les États membres. Pour ce faire, ils devraient suivre les recommandations de bonnes pratiques. Les programmes de soutien aux investissements en matière de chauffage doivent être conçus de manière à prendre en compte les caractéristiques du large éventail de types de bâtiments et de solutions technologiques existant dans chaque pays. Les aides publiques au remplacement des technologies de chauffage et à la rénovation en profondeur ne doivent pas être mises en concurrence, mais doivent être considérées comme complémentaires. Pour les pompes à chaleur en particulier, l'effet d'efficacité de la combinaison de l'installation avec des mesures d'isolation ou le remplacement des radiateurs doit être pleinement reconnu. Afin d'éviter que les propriétaires n'aient à traiter avec différents organismes administratifs, il peut être utile de regrouper les demandes de permis et de subventions dans des guichets administratifs uniques.

Renforcer les mesures d'incitation en faveur d'un fonctionnement des pompes à chaleur respectueux des systèmes

Afin de faciliter la gestion du réseau et d'exploiter pleinement le potentiel d'économies des pompes à chaleur, les États membres devraient s'efforcer de créer les conditions réglementaires nécessaires pour encourager un fonctionnement flexible. En particulier, ils devraient rapidement mettre en œuvre les mesures pertinentes incluses dans la nouvelle directive et le nouveau règlement sur le marché de l'électricité. Ainsi, les clients équipés de compteurs intelligents devraient avoir le droit de demander des contrats de prix de l'électricité dynamiques. En outre, un plus grand nombre d'États membres devraient faire usage de la possibilité d'introduire des régimes de soutien à la flexibilité des énergies non fossiles afin de promouvoir l'utilisation des pompes à chaleur en tant qu'instrument de réponse à la demande pour le réseau. Afin d'apporter une contribution efficace, il faut développer des modèles commerciaux qui rassemblent un grand nombre de petites pompes à chaleur. Outre le soutien financier, cela nécessitera l'élaboration de normes techniques communes pour garantir l'interopérabilité. Enfin, les États membres doivent redoubler d'efforts pour éliminer les obstacles et accroître l'acceptation des compteurs intelligents dans les ménages de l'UE.

Soutenir la création d'un réseau européen de centres de compétence en matière de pompes à chaleur

Les spécificités technologiques des pompes à chaleur et le développement dynamique de la technologie nécessitent un échange continu de connaissances et de formation, en particulier en ce qui concerne l'évaluation des bâtiments et l'installation des systèmes. Afin de créer une base de connaissances commune et d'accélérer la diffusion de l'innovation, l'UE devrait soutenir l'émergence d'un réseau de centres de compétences répartis dans toute l'Europe. Ce réseau devrait impliquer des entreprises tout au long de la chaîne d'approvisionnement européenne en pompes à chaleur, ainsi que des représentants des installateurs, du monde universitaire et des conseillers des consommateurs. Outre l'organisation d'un travail collaboratif sur la conception de solutions innovantes en matière de pompes à chaleur, les centres devraient participer à l'élaboration du contenu des programmes de formation et des certificats associés, remplissant ainsi la fonction d'une académie de l'industrie du net-zéro telle que prévue dans la loi sur l'industrie du net-zéro. Une attention particulière devrait être accordée à la requalification des travailleurs des secteurs affectés par les changements structurels en cours. Ils devraient également travailler avec les universités pour discuter des possibilités d'étendre le contenu spécifique aux pompes à chaleur dans les programmes d'études des licences et des maîtrises techniques.

Institutionnaliser le suivi du marché et de la politique des pompes à chaleur à l'échelle de l'UE

Les connaissances statistiques sur les chaînes d'approvisionnement en pompes à chaleur en Europe et au-delà sont encore rares et décentralisées. Afin de mieux surveiller la position des entreprises européennes sur le marché à chaque étape de la production et d'identifier les risques potentiels d'approvisionnement à un stade précoce, l'UE devrait mettre en place un cadre de surveillance, y compris des rapports détaillés réguliers sur la situation du marché par le Centre commun de recherche. Les politiques des États membres en matière de bâtiments et d'utilisation de la chaleur dans l'industrie devraient également être contrôlées afin d'identifier les lacunes et les incohérences qui pourraient compromettre les objectifs à l'échelle de l'UE.

6 Conclusion

La décarbonation de la consommation de chaleur est l'une des mesures les plus importantes et les plus judicieuses pour parvenir à une Europe neutre sur le plan climatique. Pour promouvoir l'acceptation sociale et créer des conditions favorables à l'investissement, les décideurs politiques doivent veiller à ce que la décarbonation aille de pair avec des améliorations de l'efficacité et de la sécurité de l'approvisionnement. Pour ce faire, il est urgent de lever les obstacles à la commercialisation de sources de chaleur alternatives peu coûteuses. Les pompes à chaleur méritent d'être au centre de ces stratégies politiques. Elles offrent des performances énergétiques imbattables, peuvent être adaptées à un large éventail de circonstances et sont essentielles à l'intégration des systèmes d'énergie renouvelable domestique provenant de l'énergie éolienne et solaire. Une approche européenne coordonnée est nécessaire pour remédier à la fragmentation réglementaire entre les États membres, aux graves contraintes de financement et aux risques d'approvisionnement externes. Il est donc grand temps que la Commission lance un plan d'action pour les pompes à chaleur afin de donner un nouvel élan pour accélérer la pénétration du marché.

Lors de l'élaboration d'une stratégie de soutien, l'objectif devrait être de permettre aux pompes à chaleur de rentabiliser leurs avantages naturels en termes de coûts à l'échelle du système sur les marchés, sans exclure d'autres sources de chaleur respectueuses du climat. Dans le même temps, il est important que les incitations à changer de technologie de chauffage ne soient pas opposées à la nécessité d'augmenter les investissements dans la rénovation en profondeur. En effet, dans de nombreux cas, seul un investissement combiné permettra d'exploiter les avantages des pompes à chaleur en termes d'efficacité dans les bâtiments existants. Outre le renforcement du rôle d'orientation de la tarification du carbone dans le secteur du bâtiment, diverses mesures réglementaires et non réglementaires seront nécessaires pour surmonter les obstacles au marché. Les désavantages de prix liés à la politique de l'électricité en tant que source de chaleur devraient être éliminés en réduisant la charge fiscale sur la consommation d'électricité industrielle et domestique et en réduisant l'hétérogénéité fiscale entre les États membres.

Des programmes de soutien et des réglementations techniques pour un fonctionnement flexible des pompes à chaleur devraient être mis en place, permettant une réponse rapide aux signaux du marché en temps réel et faisant ainsi des pompes à chaleur un outil efficace pour la gestion des systèmes énergétiques. En outre, un réseau européen de centres de compétences permettrait d'accélérer la diffusion de l'innovation et de remédier aux nouveaux goulets d'étranglement en matière de compétences. Enfin, la collecte centralisée d'informations et le suivi des politiques seront essentiels pour identifier les risques d'approvisionnement à un stade précoce et pour harmoniser l'approche stratégique de l'aide aux énergies renouvelables dans le secteur du chauffage. Si elle est couronnée de succès, la stratégie européenne en matière de pompes à chaleur pourrait devenir un modèle de politique industrielle intelligente, combinant un pilotage décentralisé par les prix du marché et des ajustements ciblés des conditions-cadres.



Auteur :

Dr. André Wolf

Chef de la division "Technologie, infrastructure et développement industriel"

wolf@cep.eu

Traductrice :

Emma Drouet, Chargée de communication

drouet@cep.eu

Centrum für Europäische Politik FREIBURG | BERLIN

Kaiser-Joseph-Straße 266 | D-79098 Freiburg

Schiffbauerdamm 40 Raum 4315 | D-10117 Berlin

Tél. + 49 761 38693-0

Le **Centrum für Europäische Politik** FREIBURG | BERLIN, le **Centre de Politique Européenne** PARIS, et le **Centro Politiche Europee** ROMA forment ensemble le **réseau des Centres de Politique Européenne** FREIBURG | BERLIN | PARIS | ROMA.

Exempt d'intérêts particuliers et neutre sur le plan politique, le réseau des centres de politique européenne fournit une analyse et une évaluation de la politique de l'Union européenne, dans le but de soutenir l'intégration européenne et de défendre les principes d'un système économique de libre-échange.