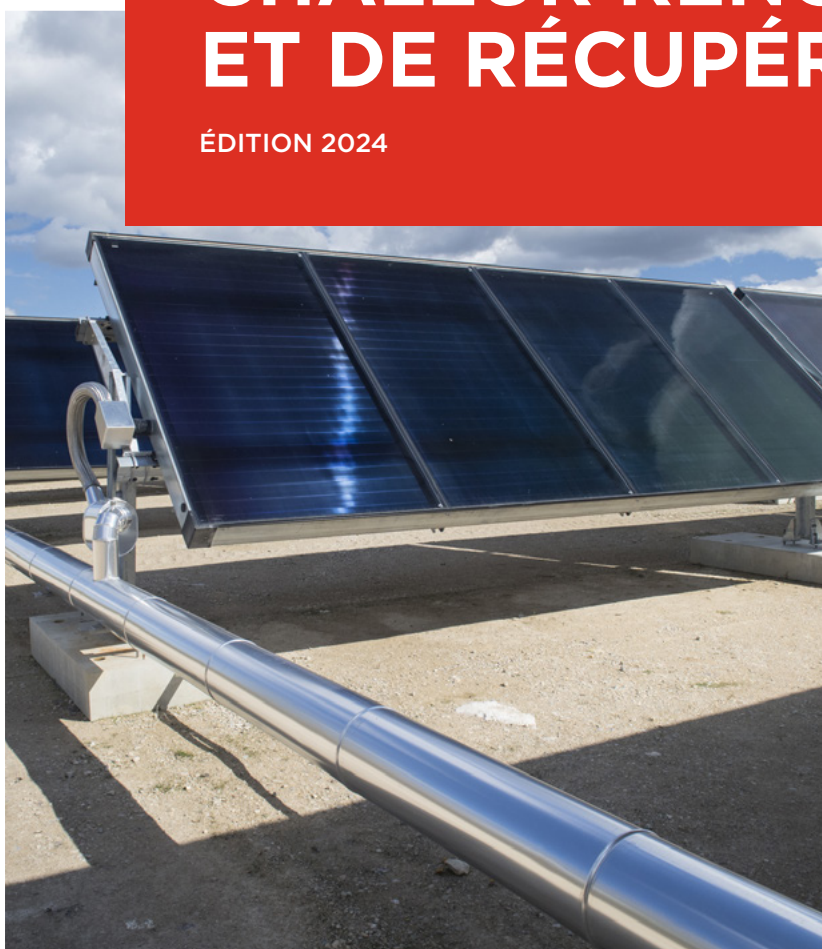




# PANORAMA DE LA CHALEUR RENOUVELABLE ET DE RÉCUPÉRATION

ÉDITION 2024



Avec le soutien de







À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources. Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse. Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions. À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques. L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, du ministère de la Transition énergétique et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr) / @ademe



L'association française des professionnels de la géothermie (AFPG) regroupe des installateurs de chauffage et de climatisation, des bureaux d'études thermiques, des bureaux d'études de géosciences, des entreprises de forage, des exploitants et les promoteurs des réseaux de chaleur, les acteurs manufacturiers de la filière géothermie et électricité. Des associations partenaires : AFPAC, ATEE, Syndicat des Foreurs d'Eau et de Géothermie (SFEG), le Syndicat des énergies renouvelables (SER) et les pôles de compétitivité en géosciences (Avénia, S2E2) sont également des membres actifs et font partie du conseil d'administration.

[www.afpg.asso.fr](http://www.afpg.asso.fr)



Le Comité Interprofessionnel du Bois Énergie (CIBE) rassemble les acteurs du chauffage collectif et industriel au bois, soit plus de 150 entreprises, maîtres d'ouvrage (publics et privés), organisations professionnelles dans la filière bois et le monde de l'énergie. Le CIBE coordonne et accompagne ces acteurs depuis 2006 pour professionnaliser les pratiques, établir les règles de l'art, former les professionnels et promouvoir les chaufferies de fortes à faibles puissances auprès des décideurs publics et privés.

[www.cibe.fr](http://www.cibe.fr)



La Fédération des Services Énergie Environnement (FEDENE) regroupe sept syndicats professionnels spécialisés par métier, 500 entreprises de services centrés sur l'efficacité énergétique, la performance des bâtiments, la production et la valorisation de la chaleur et de froid renouvelables et de récupération ainsi que le Facility Management et l'ingénierie de projets. Le chiffre d'affaires du secteur s'élève à 11 milliards d'euros, dont la moitié est réalisée en France par des entreprises de toute taille.

Le SNCU, Syndicat national du chauffage urbain et de la climatisation urbaine, membre de la FEDENE regroupe les gestionnaires publics ou privés de réseaux de chaleur et de froid. Le SVDU, Syndicat National du Traitement et de la Valorisation des Déchets Urbains et assimilés, membre de la FEDENE, regroupe les principaux opérateurs de la valorisation énergétique des déchets ménagers en France (incinération, méthanisation, gazéification).

[www.fedene.fr](http://www.fedene.fr)



Le Syndicat des énergies renouvelables (SER) regroupe près de 500 adhérents, représentant un secteur générant plus de 166 000 emplois. L'organisation professionnelle rassemble les industriels de l'ensemble des filières énergies renouvelables : bois-énergie, biocarburants, éolien, énergies marines, gaz renouvelables, géothermies et pompes à chaleur, hydroélectricité, solaire et valorisation énergétique des déchets. Le SER a pour mission de défendre les droits et les intérêts de ses membres et de resserrer les liens qui les unissent, notamment pour développer la filière industrielle des énergies renouvelables en France et promouvoir la création d'emplois et de valeur ajoutée sur le territoire national.

[www.enr.fr](http://www.enr.fr)



UNICLIMA est le syndicat professionnel des industries thermiques, aérauliques et frigorifiques. Il rassemble 83 sociétés ou groupes qui réalisent un chiffre d'affaires de 10,2 milliards d'euros, dont 2,8 à l'export, pour 24 000 emplois en France. UNICLIMA représente les fabricants d'équipements de chaleur, y compris de chaleur renouvelable, de froid et de qualité de l'air. Ces matériels trouvent leurs applications dans les bâtiments résidentiels, tertiaires, ainsi que dans les bâtiments et process industriels.

[www.uniclimate.fr](http://www.uniclimate.fr)

# PRÉAMBULE

Cette édition 2024 du Panorama de la chaleur renouvelable et de récupération est le fruit de la coopération entre l'AFPG, le CIBE, la FEDENE, le SER et UNICLIMA, avec le soutien de l'ADEME.

Cette publication dresse un état des lieux, pour la France métropolitaine<sup>1</sup>, des différentes filières de production de chaleur renouvelable et de récupération (EnR&R) : le chauffage au bois domestique, les chaufferies bois, les pompes à chaleur aérothermiques, la géothermie, la chaleur solaire, les gaz renouvelables et la valorisation énergétique des déchets. Ce tour d'horizon est complété d'un chapitre consacré aux réseaux de chaleur et de froid qui permettent de distribuer ces énergies renouvelables et de récupération dans les territoires, et d'un chapitre consacré au cadre de développement de la chaleur EnR&R. Un focus sur le stockage thermique décrit les solutions qui apportent de la flexibilité pour garantir l'adéquation offre/demande en chaleur.

Les données présentées issues des enquêtes réalisées au sein des différentes filières sont les plus récentes en ce qui concerne le parc existant (production de chaleur, répartition régionale) et les nouvelles installations/nouveaux équipements pour les différentes filières de production. À l'exception de la filière des chaufferies bois dont les données couvrent l'année 2022, les chiffres du Panorama sont ceux de fin 2023.

Le Panorama fournit, pour chaque filière, une présentation des différentes technologies, des atouts, des exemples de réalisations accompagnés de paroles d'acteurs et des focus sur les gisements. Pour la première fois, chaque chapitre du Panorama intègre un préambule permettant de recontextualiser les dernières données de production ou d'évolution du parc de chaque filière de production de chaleur EnR&R.

---

<sup>1</sup>. Les données concernant les territoires ultramarins sont présentées pour les filières de la chaleur solaire et de la valorisation énergétique des déchets.

# SOMMAIRE

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ÉDITORIAL</b>   | <b>04</b> |
| <b>1. BOIS-ÉNERGIE</b>   | <b>06</b> |
| 1.1. Chaufferies bois (secteurs collectif, industriel et tertiaire)  | 07        |
| 1.2. Chauffage au bois domestique                                    | 11        |
| 1.3. Caractéristiques et atouts                                      | 16        |
| 1.4. Exemple de réalisation  | 18        |
| ◆ Focus sur la biomasse forestière en France                         | 19        |
| <b>2. POMPES À CHALEUR AÉROTHERMIQUES</b>                            | <b>20</b> |
| 2.1. Chiffres clés   | 21        |
| 2.2. Parc installé et nouvelles installations                        | 21        |
| 2.3. Caractéristiques et atouts                                      | 22        |
| 2.4. Exemple de réalisation  | 24        |
| <b>3. GÉOTHERMIES</b>  | <b>25</b> |
| 3.1. Géothermie de surface   | 26        |
| 3.2. Géothermie profonde   | 27        |
| 3.3. Caractéristiques et atouts                                      | 29        |
| 3.4. Exemples de réalisations  | 31        |
| ◆ Focus sur le gisement géothermique en France                       | 33        |
| <b>4. CHALEUR SOLAIRE</b>  | <b>34</b> |
| 4.1. Chiffres clés   | 35        |
| 4.2. Parc installé et nouvelles installations                        | 35        |
| 4.3. Caractéristiques et atouts                                      | 39        |
| ◆ Focus sur le gisement solaire en France                            | 40        |
| 4.4. Exemple de réalisation  | 40        |
| <b>5. GAZ RENOUVELABLES</b>  | <b>41</b> |
| 5.1. Chiffres clés   | 42        |
| 5.2. Parc installé   | 42        |
| 5.3. Caractéristiques et atouts                                      | 44        |
| 5.4. Exemple de réalisation  | 46        |
| <b>6. VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DES DÉCHETS</b>                       | <b>47</b> |
| 6.1. Chiffres clés   | 48        |
| 6.2. Parc installé   | 48        |
| 6.3. Caractéristiques et atouts                                      | 49        |
| ◆ Focus sur le gisement de CSR                                       | 51        |
| 6.4. Exemple de réalisation  | 52        |
| ◆ Focus sur la chaleur fatale  | 54        |
| <b>7. LES RÉSEAUX DE CHALEUR ET DE FROID : VECTEURS ÉNERGÉTIQUES</b> | <b>55</b> |
| 7.1. Caractéristiques et enjeux des réseaux de chaleur               | 56        |
| 7.2. Caractéristiques et enjeux des réseaux de froid                 | 57        |
| 7.3. Caractéristiques et enjeux des boucles d'eau tempérée           | 58        |
| 7.4. Exemple de réalisation  | 59        |
| ◆ Focus sur le stockage thermique                                    | 60        |
| <b>8. CADRE DE DÉVELOPPEMENT</b>                                     | <b>61</b> |
| 8.1. Objectifs LTECV et PPE  | 61        |
| 8.2. Cadre économique  | 62        |

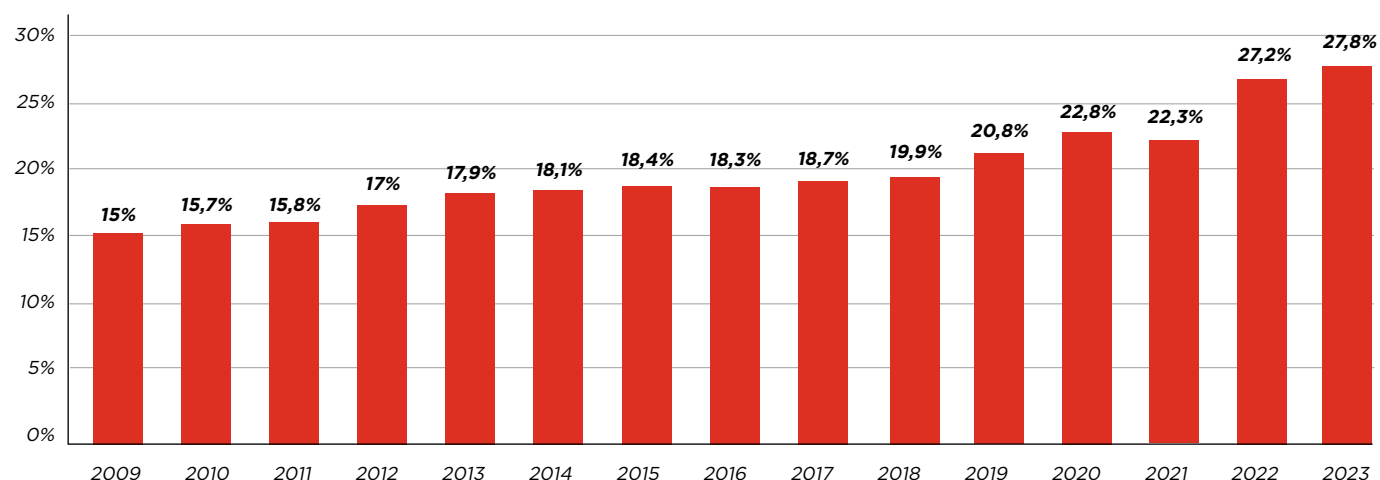
# ÉDITORIAL

La majorité de l'énergie que nous consommons sert à produire de la chaleur, devant la production d'électricité ou le transport. Cette chaleur, essentielle pour le chauffage des bâtiments, la production d'eau sanitaire ou les procédés industriels, est cependant encore largement produite à partir d'énergies fossiles et importées, fortement émettrices de gaz à effet de serre. Afin d'éviter de s'enfermer dans des situations de dépendances stratégiques vis-à-vis d'autres Etats et de préserver notre souveraineté énergétique, il est indispensable d'accélérer la décarbonation de la chaleur. Grâce à un bouquet de solutions matures et performantes qui valorisent de nombreuses ressources locales renouvelables et de récupération (biomasse, chaleur du sous-sol, chaleur fatale, déchets ménagers, chaleur de l'air ambiant, etc.), la France a tout pour réussir cette transition énergétique en s'appuyant sur des décisions politiques fortes plaçant les territoires au coeur de l'équation.

## La décarbonation de la chaleur ne demande qu'à s'accélérer

◆ Évolution de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale de chaleur en France Métropolitaine

Source : SER d'après SDES

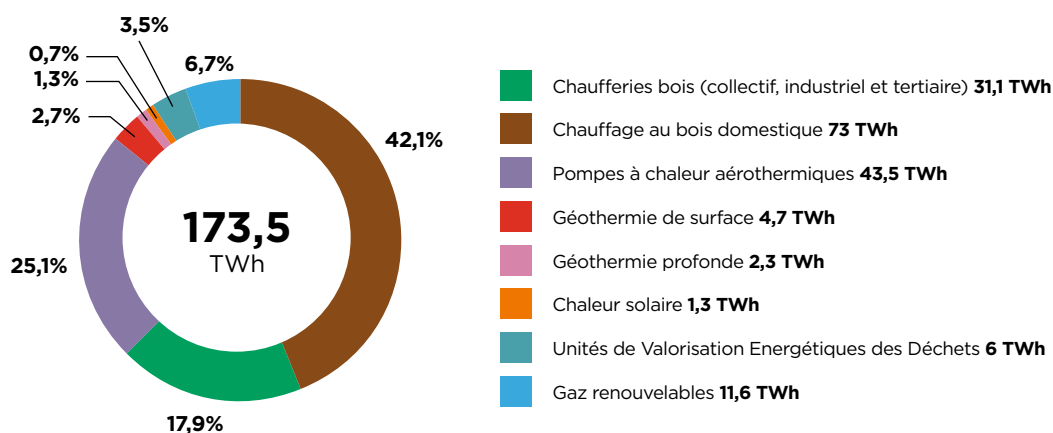


Ce Panorama montre que malgré une augmentation de la production issue de sources d'énergie renouvelable et de récupération, la chaleur renouvelable ne représente encore que 27,8 % de notre consommation finale de chaleur en 2023 en France métropolitaine<sup>2</sup>. Au total, ce sont 173,5 TWh de chaleur renouvelable qui ont été produits en 2023<sup>3</sup>.

Pour atteindre l'objectif fixé par la loi<sup>4</sup> de 38% d'énergies renouvelables dans la consommation finale de chaleur en 2030, il faut que la dynamique de croissance de la production de chaleur renouvelable s'accélère, en compléments d'efforts significatifs en matière d'efficacité et de sobriété énergétique.

◆ Part de chaque filière dans la production de chaleur renouvelable en France métropolitaine en 2023

Source : SER



2. Ce pourcentage ne prend pas en compte la production de chaleur de récupération non renouvelable issue de la valorisation énergétique des déchets, ni la production de chaleur en Outre-mer. Les données concernant les territoires ultramarins sont présentées pour les filières de la chaleur solaire et de la valorisation des déchets aux chapitres dédiés de ce Panorama.

3. Hormis la filière des chaufferies bois dont les données sont celles de la dernière enquête du CIBE pour l'année 2022, le Panorama rapporte la production des différentes filières pour l'année 2023. D'un point de vue réglementaire, 50 % de la production de chaleur issue de la valorisation énergétique des déchets est considérée comme renouvelable les 50 % restants sont qualifiés de chaleur de récupération.

4. Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)

## Investir dans la chaleur renouvelable, c'est profitable !

Dans un contexte d'instabilité des prix des énergies fossiles, les systèmes individuels et collectifs de chaleur renouvelable et de récupération sont basés sur des équipements et des réseaux à longue durée de vie qui valorisent des ressources locales à des prix maîtrisés. Ils constituent des leviers puissants et immédiats de création d'emplois non délocalisables, de vitalité des territoires et de protection du pouvoir d'achat s'appuyant sur un savoir-faire des filières industrielles au service de la transition énergétique.

La production de chaleur constitue un formidable levier d'investissement pour le développement économique des territoires : 14 milliards d'euros ont été investis depuis la création du Fonds Chaleur en 2009, soit 4 fois plus que le montant total des aides distribuées.

## Faire du développement de la chaleur renouvelable et de récupération une composante centrale de la politique énergétique de la France

Le projet de troisième programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE 3) mis en consultation par le Gouvernement à la fin de l'année 2024 a correctement identifié l'enjeu de la décarbonation de la chaleur, en proposant d'augmenter fortement la production de chaleur renouvelable et d'accélérer le développement des réseaux de chaleur pour se passer rapidement des énergies fossiles. Les objectifs de la PPE 3 doivent ainsi permettre d'atteindre une consommation de chaleur renouvelable d'au moins 276 TWh en 2030, et d'au moins 330 TWh en 2035.

À moins de 6 ans de la première échéance, **la France doit urgemment dimensionner les moyens financiers et humains en cohérence avec ces objectifs de développement en s'appuyant sur des solutions éprouvées.**

**Le Fonds Chaleur** a permis depuis 2009 d'aider plus de 8 500 installations totalisant une capacité de production de 45,4 TWh/an de chaleur renouvelable et de récupération. Comme le rappelle l'ADEME, le Fonds Chaleur a une efficacité économique et écologique exceptionnelle : 36 euros seulement de soutien public par tonne de CO2 évitée en incluant les dispositifs pour la production de chaleur à partir de biomasse pour l'industrie (Appels à projets BCIAT et BCIB de France 2030). À l'heure où le projet de PPE 3 appelle à pérenniser et à accroître le soutien au Fonds Chaleur, l'enveloppe 2025 du Fonds Chaleur a été stabilisée à hauteur du budget 2024, déjà insuffisant face à la dynamique des projets. Il est essentiel de définir une trajectoire pluriannuelle du Fonds Chaleur pour éviter le report ou l'annulation des projets à soutenir.

Les usages domestiques liés à des équipements individuels (appareils de chauffage au bois, pompes à chaleur, chauffe-eaux solaires) représentent près de 63% de la production de chaleur en 2023. **Le dispositif MaPrimeRénov'**, essentiel pour l'accompagnement des particuliers dans leurs travaux de rénovation et de transition énergétique, a également connu des instabilités et des baisses de forfait pour le chauffage au bois en 2024. Une nouvelle baisse a été votée pour 2025. Il est primordial que les dispositifs d'aide soient stables et pérennes afin de soutenir la production de chaleur renouvelable dans le secteur domestique. Concernant la filière biomasse, il sera essentiel à l'avenir que la contribution de cette filière à la décarbonation de la chaleur en France soit reconnue à sa juste valeur.

Ces dernières évolutions reflètent le débat en cours sur la biomasse forestière disponible selon les choix d'usages et leur rendement au regard de la croissance attendue de la consommation à l'échelle nationale et dans les territoires. Il est donc primordial que l'ensemble des acteurs concernés par la production et les usages de la biomasse partagent leurs données et leurs analyses de la situation. Le Groupement d'intérêt scientifique (GIS) créé en 2024 sur cet enjeu aura un rôle important pour construire un diagnostic partagé avec l'ensemble des parties prenantes.



# 1. BOIS-ÉNERGIE

Le bois-énergie peut être utilisé pour diverses valorisations énergétiques : la production de chaleur par combustion, ou la production de chaleur et d'électricité par cogénération. La production de chaleur est la principale voie de valorisation du bois-énergie.

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1.1. CHAUFFAGE AU BOIS DOMESTIQUE</b>                                   | <b>07</b> |
| 1.1.1. Chiffres clés   | 07        |
| 1.1.2. Parc installé   | 07        |
| 1.1.3. Production de chaleur renouvelable                                  | 09        |
| 1.1.4. Typologie des installations   | 10        |
| <b>1.2. CHAUFFERIES BOIS (SECTEURS COLLECTIF, INDUSTRIEL ET TERTIAIRE)</b> | <b>11</b> |
| 1.2.1. Chiffres clés   | 12        |
| 1.2.2. Parc installé   | 12        |
| 1.2.3. Production de chaleur renouvelable                                  | 14        |
| 1.2.4. Typologie des appareils   | 15        |
| <b>1.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS</b>                                     | <b>16</b> |
| 1.3.1. Typologie des combustibles pour le bois-énergie                     | 16        |
| 1.3.2. Atouts  | 17        |
| <b>1.4. EXEMPLE DE RÉALISATION</b>   | <b>18</b> |
| <b>→ FOCUS SUR LA BIOMASSE FORESTIÈRE EN FRANCE</b>                        | <b>19</b> |



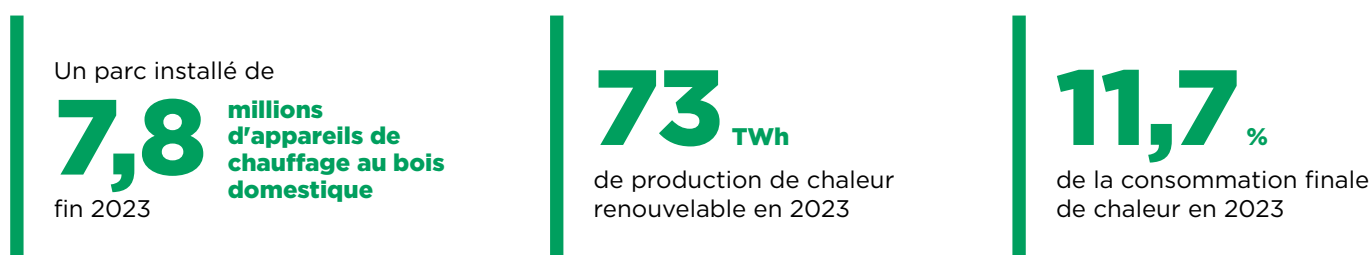
## 1.1. CHAUFFAGE AU BOIS DOMESTIQUE

Le chauffage au bois domestique regroupe les foyers fermés, inserts, poêles, cuisinières et chaudières domestiques fonctionnant aux bûches ou aux granulés. Première énergie renouvelable de France en termes de production d'énergie grâce son parc ancien d'appareils, elle est une énergie peu chère, plébiscitée par les français et fondée notamment sur une industrie française ancrée dans les territoires. À ce titre le chauffage au bois domestique demeure indispensable à l'atteinte des objectifs de la transition écologique.

Depuis de nombreuses années, la filière du bois domestique travaille à améliorer toujours plus les performances des équipements. Aujourd'hui, le développement de la filière est axé sur le remplacement des appareils anciens peu performants par les appareils à la technologie moderne présentant une meilleure performance énergétique et environnementale, encouragé par les politiques publiques incitatives.

Le secteur du chauffage au bois domestique présente ainsi une dynamique spécifique : d'année en année, le parc de logements équipés augmente tandis que la consommation nationale d'énergie liée au bois domestique diminue. Cette tendance s'explique par l'isolation croissante des logements combinée à l'amélioration du rendement énergétique des nouveaux appareils pour la plupart labellisés Flamme Verte.

### 1.1.1. CHIFFRES CLÉS<sup>1</sup>



Les 7,8 millions de logements chauffés au bois domestique ont produit 73 TWh de chaleur renouvelable en 2023 en France métropolitaine. Cette production de chaleur renouvelable couvre 11,7 % de la consommation finale de chaleur.

### 1.1.2. PARC INSTALLÉ ET VENTES DE NOUVEAUX APPAREILS

Le parc installé correspond aux 7,8 millions de logements, incluant les résidences principales et secondaires, maison ou appartement, ayant utilisé au moins un équipement individuel de chauffage au bois lors de la saison de chauffe 2022/2023. Il est à noter que pour la première fois, l'ADEME a également quantifié le parc d'appareils de chauffage au bois n'ayant pas été utilisé durant la saison de chauffe, soit 1,2 millions de logements supplémentaires pour un parc total équipé de 9 millions de logements. En effet, les appareils indépendants étant souvent utilisés en appoint d'une autre énergie, ils ne sont pas toujours utilisés, notamment lors des hivers doux.

1. Les données sur le chauffage au bois domestique pour la France métropolitaine ont été agrégées par le SER sur la base des données des études suivantes :

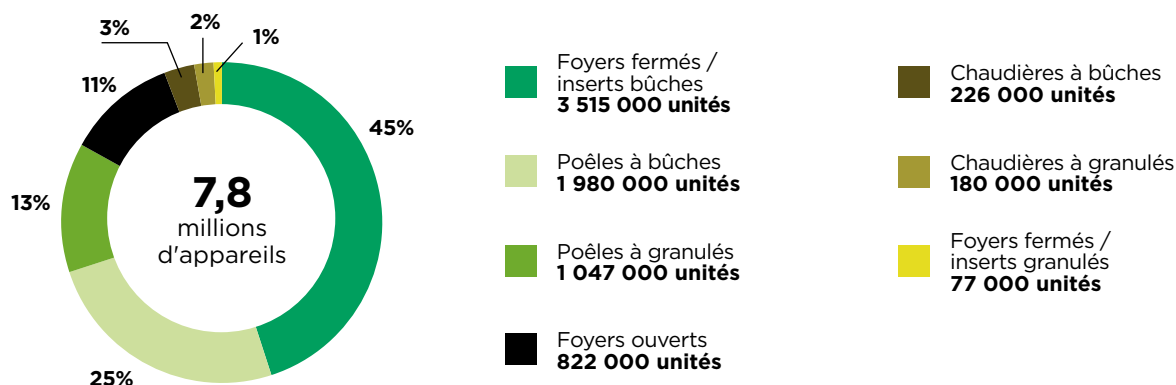
- ADEME Juin 2024 « Situation du chauffage domestique au bois en 2022-2023 » ;

- Les études marché des appareils domestiques de chauffage au bois d'Observ'ER ;

Par rapport à l'étude ADEME 2024, seul le nombre de chaudière granulés à été pris à la hausse par le SER, tout en respectant la tolérance statistique de l'étude ADEME.

### ◆ Répartition du parc par typologie d'appareils au bois domestique fin 2023

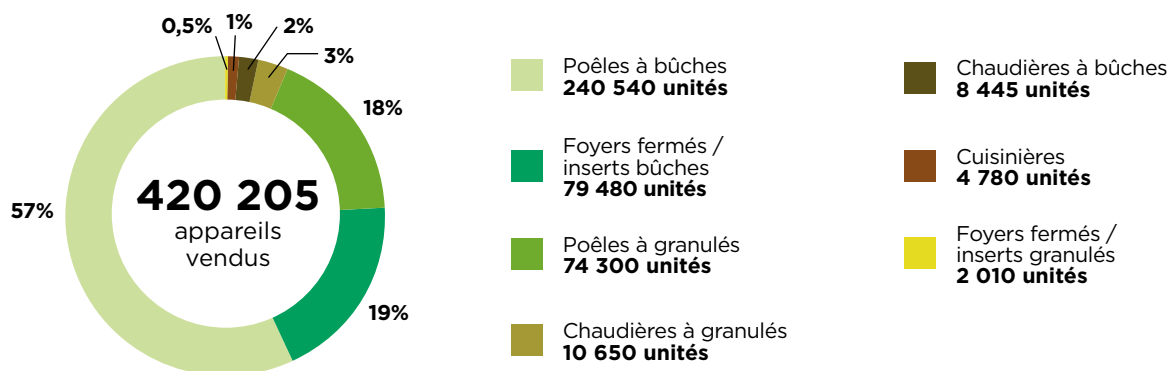
Source : SER d'après données ADEME



Les appareils indépendants, foyers fermés, inserts et poêles représentent 84 % du parc national. Malgré leur remplacement progressif par des appareils de chauffage au bois performants pour la plupart labellisés Flamme Verte, les foyers ouverts représentent tout de même 11 % du parc.

### ◆ Répartition des ventes d'appareils de chauffage au bois domestique en 2023 par types d'appareils

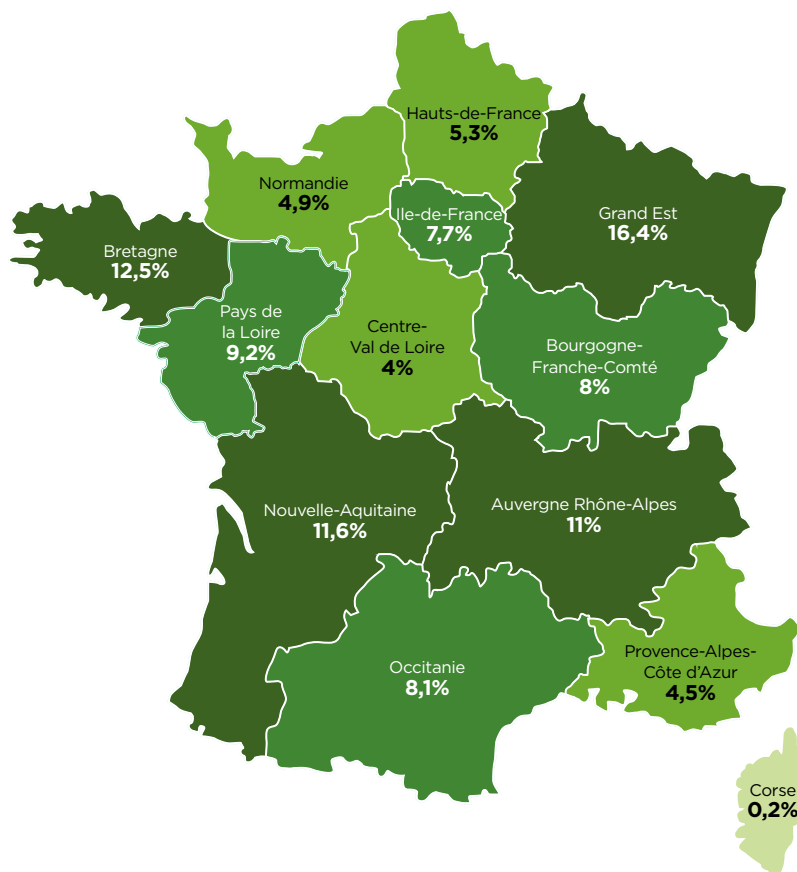
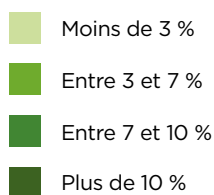
Source : Observ'ER Marché 2023 des appareils domestique de chauffage au bois



Les poêles, à bûches ou à granulés, représentent les  $\frac{3}{4}$  des appareils vendus en France en 2023.

### ◆ Répartition régionale des ventes d'appareils de chauffage au bois domestique en 2023

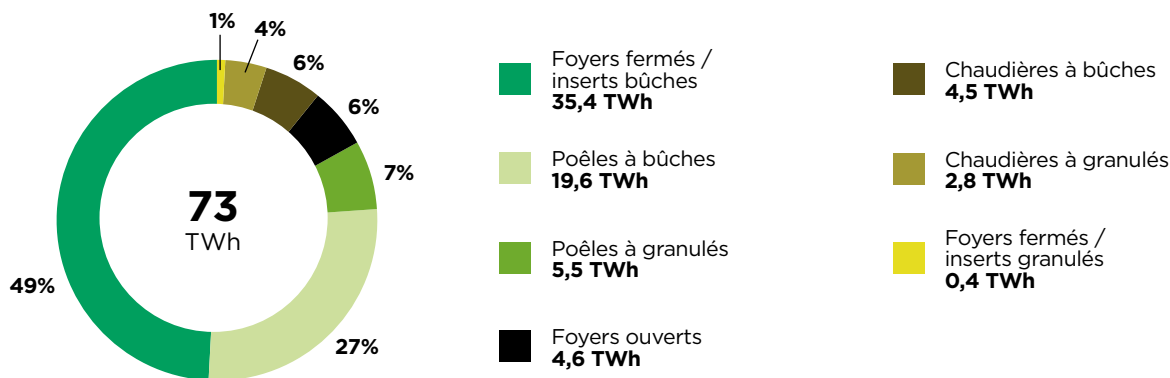
Source : Observ'ER



## 1.1.3. PRODUCTION DE CHALEUR RENOUVELABLE

### ◆ Production de chaleur renouvelable issue des appareils de chauffage au bois domestique en 2023

Source: ADEME/Observ'ER/SER

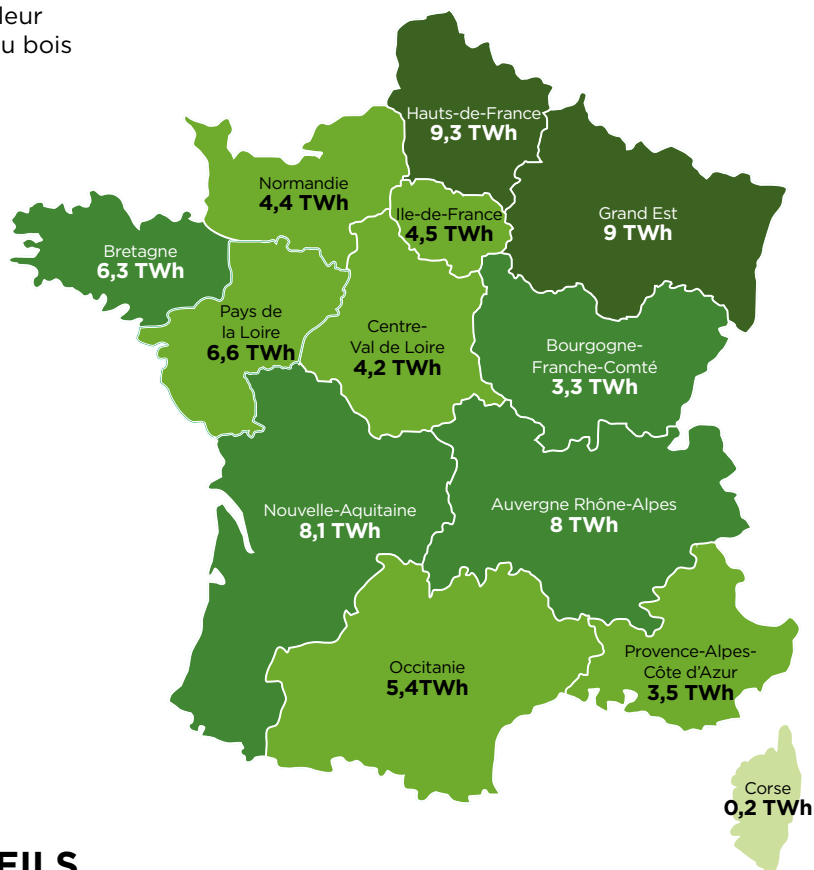


La production de chaleur renouvelable provient à 88 % d'appareils utilisant de la bûche et à 12 % d'appareils utilisant des granulés.

◆ Répartition régionale de la production de chaleur renouvelable issue des appareils de chauffage au bois domestique en 2023

Source : ADEME/SER

- Moins de 3 TWh
- Entre 3 et 6 TWh
- Entre 6 et 9 TWh
- Plus de 9 TWh



## 1.1.4. TYPOLOGIE DES APPAREILS



© Turbo Fonte

### INSERT ET FOYER FERMÉ

Utilisés en chauffage principal ou d'appoint, les inserts et foyers fermés ont les mêmes performances que les poêles. Les inserts sont des dispositifs de chauffage conçus pour être insérés dans une structure existante qui est l'âtre d'un foyer de maçonnerie traditionnel. Les foyers fermés, eux, sont prévus au moment de la construction de la cheminée et font partie intégrante de la structure. Leur habillage sur-mesure permet d'offrir des options décoratives modernes et contemporaines.



© Invicta Group

### POÊLE À BOIS

Qu'il soit à bûche ou à granulés, un poêle est un appareil qui assure le chauffage d'une pièce ou d'une maison neuve ou rénovée. D'aspect traditionnel ou moderne, il existe de nombreux types de poêles : les poêles de masse, avec distribution d'air chaud ou hydraulique, multi-combustibles à bûche ou encore avec four intégré.



© Viessman

### CHAUDIÈRE À BOIS

La chaudière est un générateur de chaleur produisant généralement de l'eau chaude pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Elle peut être raccordée à des radiateurs ou un plancher chauffant. Les chaudières à bois utilisent des bûches, des granulés, des plaquettes ou sont poly-combustibles. Lorsqu'elles sont à chargement manuel, l'utilisation d'un ballon tampon est recommandé.



### CUISINIÈRE À BOIS

La cuisinière à bois, autrement appelée piano de cuisine, utilise des bûches ou des granulés pour produire de la chaleur. Le foyer permet principalement de cuisiner grâce à un four et des plaques de cuisson mais il permet aussi d'assurer une partie du chauffage de la maison.

flamme  
VERTE

Le label  
du chauffage  
au bois

**Le label Flamme Verte a été lancé en 2000 par les fabricants d'appareils domestiques avec le concours de l'Agence de la transition écologique (ADEME).**

Depuis sa création, le label Flamme Verte promeut des appareils de chauffage performants. Leur conception répond à une charte de qualité exigeante en

termes de rendement énergétique et d'émissions de polluants, sur laquelle s'engagent les fabricants, signataires de la charte Flamme Verte. D'année en année, les critères de labélisation deviennent de plus en plus exigeants.

Géré par le Syndicat des énergies renouvelables (SER), le label de qualité Flamme Verte labellise les appareils indépendants de chauffage au bois (foyers fermés / inserts, poêles à bois et à granulés de bois, chaudières et cuisinières) ainsi que, avec l'appui d'UNICLIMA, les chaudières domestiques fonctionnant au bois bûche, à la plaquette forestière et aux granulés de bois. Plus d'infos sur : [flammeverte.org](http://flammeverte.org).

## 1.2. CHAUFFERIES BOIS (SECTEURS COLLECTIF, INDUSTRIEL ET TERTIAIRE)

Depuis les années 2000, le bois-énergie s'est développé dans les secteurs du chauffage collectif, ainsi que dans l'industrie et le tertiaire, jouant ainsi un rôle central dans la transition énergétique française. Ce développement repose sur une dynamique solide, soutenue par des politiques incitatives et une prise de conscience accrue de l'importance des énergies renouvelables.

Aujourd'hui, cette filière mature avec de hauts rendements représente ainsi un levier de décarbonation reproductible, offrant une autonomie énergétique tout en valorisant des ressources territoriales diversifiées : co-produits de la sylviculture et de l'industrie, entretien des parcs, haies, jardins, bois en fin de vie, avec des approvisionnements compris dans un rayon allant de 100 à 200 km.

La filière connaît une croissance continue, répondant à une demande en forte augmentation pour les réseaux de chaleur urbains et les sites industriels, soutenus par les collectivités territoriales et les entreprises désireuses de réduire leur empreinte carbone. Avec ses 7 900 installations de plus de 50 kW répartis sur tout le territoire, le bois-énergie permet déjà d'éviter annuellement l'émission de 6,5 Mt de CO<sub>2</sub> fossile, de soutenir l'emploi local et de réduire la précarité énergétique.

## 1.2.1. CHIFFRES CLÉS<sup>2</sup>

Un parc installé de

**7 915** chaufferies bois

≥ 50kW fin 2022

**31,1** TWh

de production de chaleur renouvelable en 2022

**5** %

de la consommation finale de chaleur en 2023

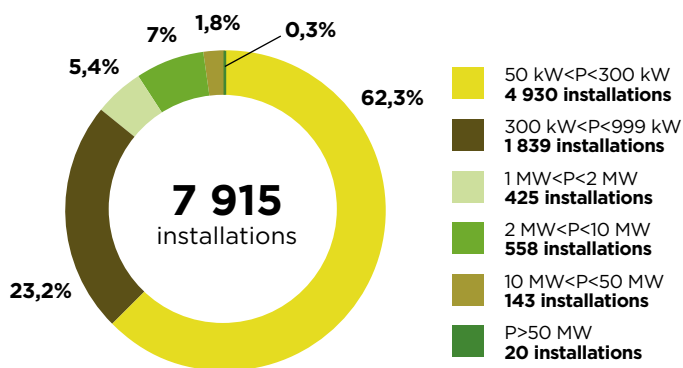
Fin 2022, avec 7 915 chaufferies bois, la production de chaleur renouvelable issue du bois-énergie dans les secteurs collectif, industriel et tertiaire est de 31,1 TWh en France métropolitaine. Cette production couvre 5 % de la consommation finale de chaleur en 2023.

## 1.2.2. PARC INSTALLÉ

### CARACTÉRISTIQUES DU PARC

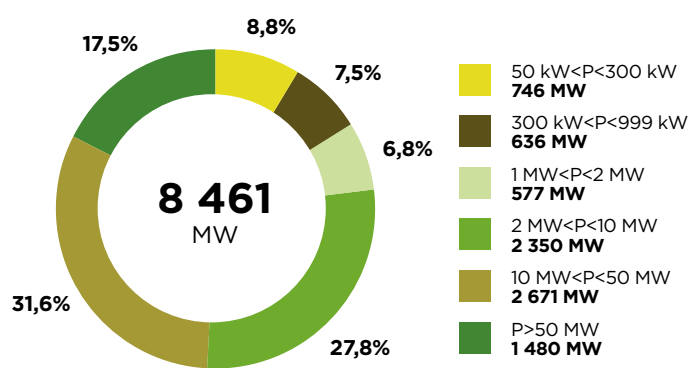
◆ Répartition du nombre de chaufferies bois par gamme de puissance

Source : CIBE



◆ Répartition en puissance thermique cumulée des chaufferies bois ≥ 50 kW

Source : CIBE



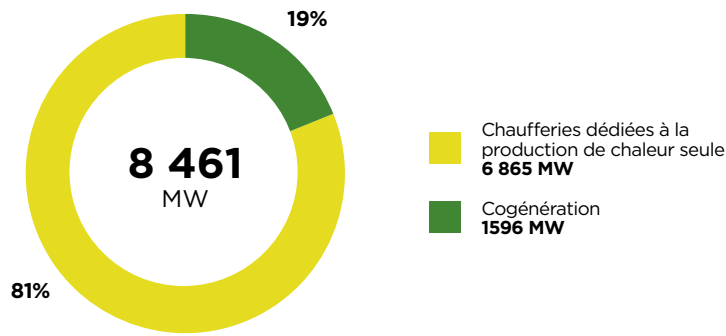
Les chaufferies de puissances thermiques supérieures ou égales à 10 MW représentent 2,1 % des installations mais 49 % de la puissance totale installée. Les chaufferies de puissances comprises entre 50 kW et 1 MW représentent 85,5 % des installations, mais seulement 16,3 % de la puissance totale installée.

2. Les données sur les chaufferies bois en France métropolitaine ont été consolidées par le CIBE sur la base de données réelles et à l'aide de différentes hypothèses de calcul. Le CIBE fait appel au réseau des animateurs bois-énergie présents dans différentes structures d'animation (collectivités forestières, interprofessions de la filière forêt bois, associations environnementales, etc.), telles que FIBOIS AURA, FIBOIS Bourgogne Franche-Comté, AILE, FIBOIS Centre-Val de Loire, la Collectivité Territoriale de Corse, FIBOIS Hauts de France, l'AREC Ile de France, Biomasse Normandie, l'AREC Nouvelle Aquitaine, FIBOIS Pays de la Loire, données d'octobre 2023 des Collectivités forestières Occitanie dans le cadre de l'Observatoire interrégional bois-énergie Occitanie, données de juin 2023 des Communes forestières PACA dans le cadre de l'Observatoire régional de la Forêt Méditerranéenne, données de novembre 2023 de l'Observatoire Bois Industrie et Bois Énergie FIBOIS Grand Est. Cet état des lieux est actualisé tous les deux ans.

La chaleur renouvelable produite par les chaufferies bois de type collectif, industriel et tertiaire de puissance supérieure à 50 kW est calculée avec un rendement moyen de 80 % pour les chaufferies dédiées à la production de chaleur seule et un rendement moyen de 50 % pour les installations de cogénération. Ces deux rendements sont appliqués au contenu énergétique du combustible. La puissance thermique installée des chaufferies bois en cogénération est déterminée en calculant le potentiel thermique (soit 75 %) à partir de la puissance installée totale de ces installations.

◆ Répartition en puissance thermique cumulée des chaufferies bois ≥ 50 kW par valorisation énergétique

Source : CIBE



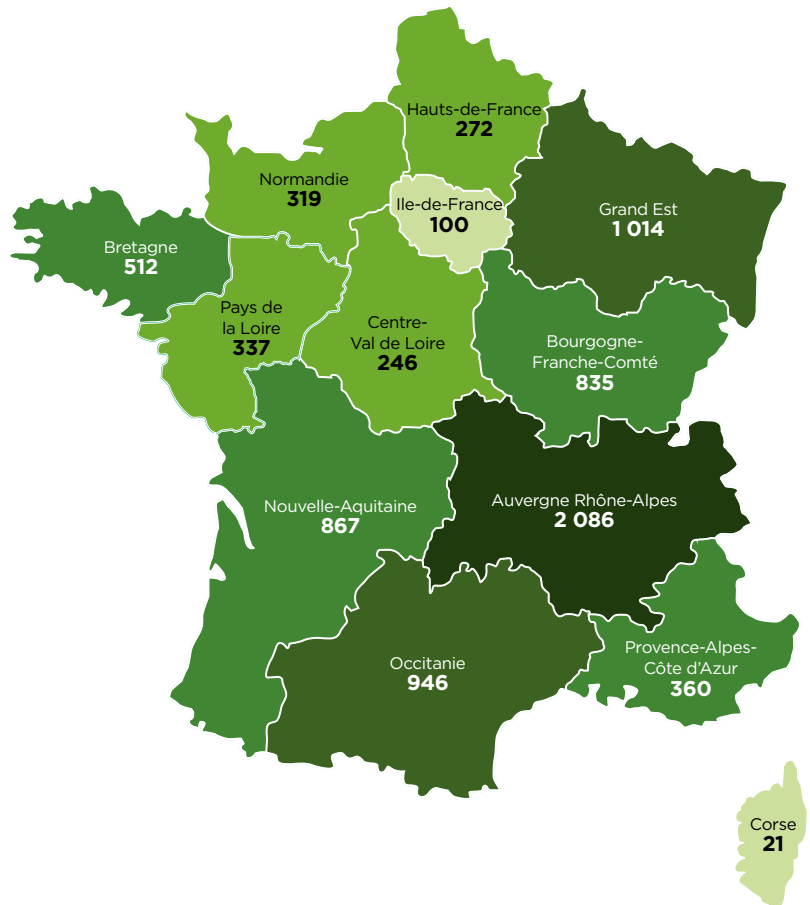
Les installations de cogénération (produisant à la fois de l'électricité et de la chaleur) représentent moins de 1 % des chaufferies bois et 19 % de la puissance thermique cumulée.

## RÉPARTITION RÉGIONALE DU PARC

◆ Répartition régionale en nombre d'installations des chaufferies bois ≥ 50 kW

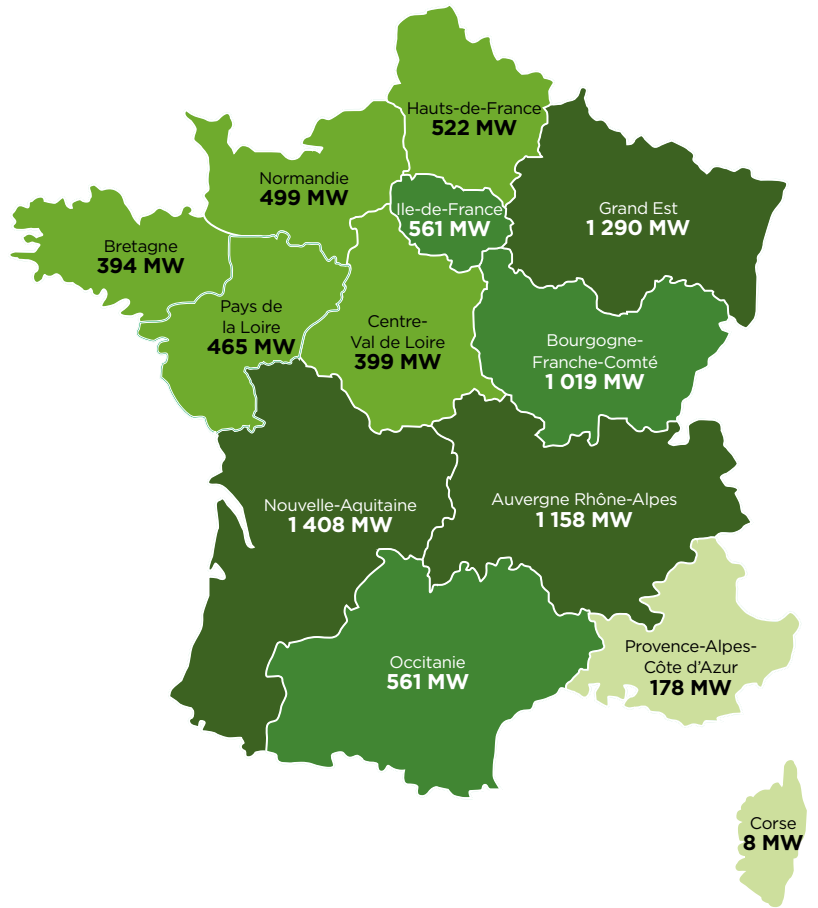
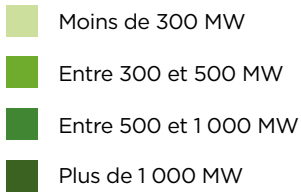
Source : CIBE

- Moins de 200 chaufferies
- Entre 200 et 500 chaufferies
- Entre 500 et 900 chaufferies
- Entre 900 et 1 500 chaufferies
- Plus de 1 500 chaufferies



◆ Répartition régionale en puissance thermique cumulée des chaufferies bois ≥ 50 kW

Source : CIBE

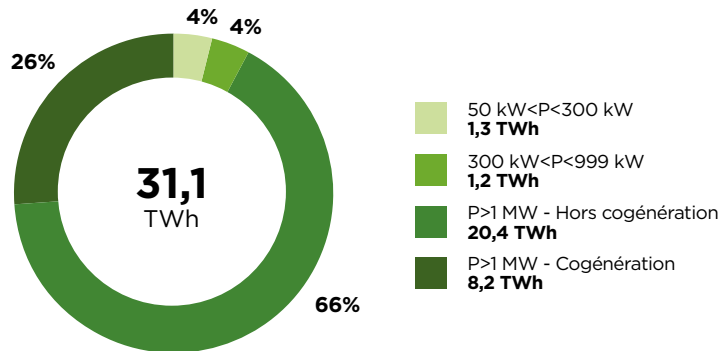


### 1.2.3. PRODUCTION DE CHALEUR RENOUVELABLE

En 2022, la production de chaleur renouvelable issue du bois-énergie des secteurs collectif, industriel et tertiaire est de 31,1 TWh en France métropolitaine.

◆ Production de chaleur renouvelable selon la puissance des chaufferies bois (en TWh)

Source : CIBE



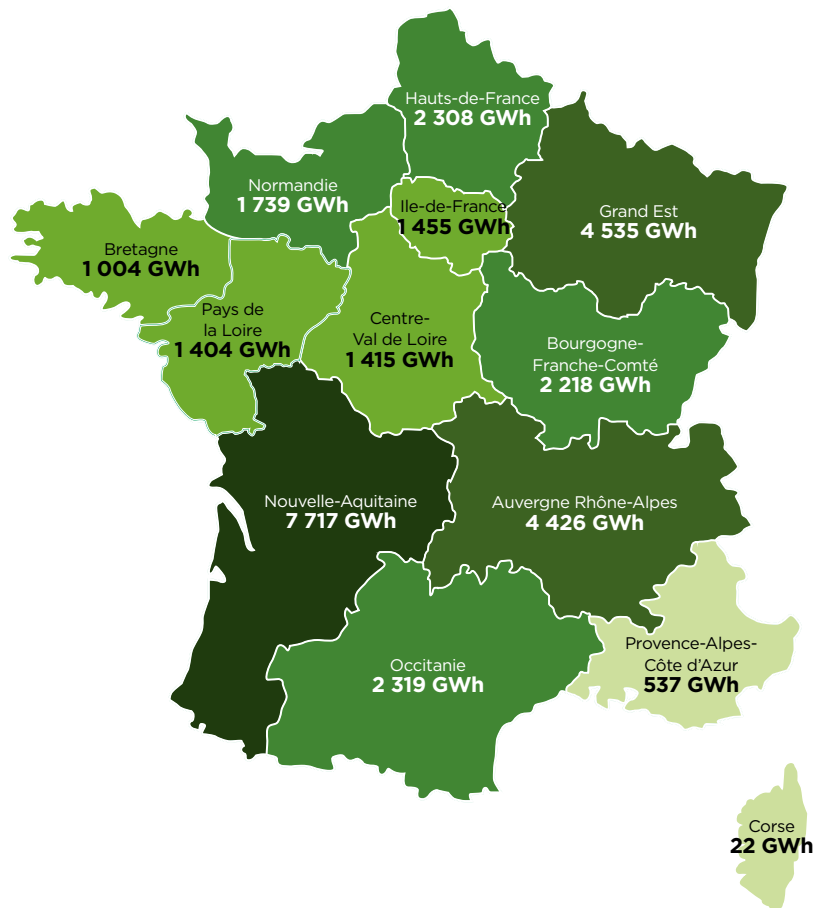
Les chaufferies bois d'une puissance supérieure à 1 MW fournissent 92 % de la chaleur renouvelable du parc installé en France métropolitaine fin 2022.



◆ Répartition régionale de la production de chaleur renouvelable issue des chaufferies bois

Source : CIBE

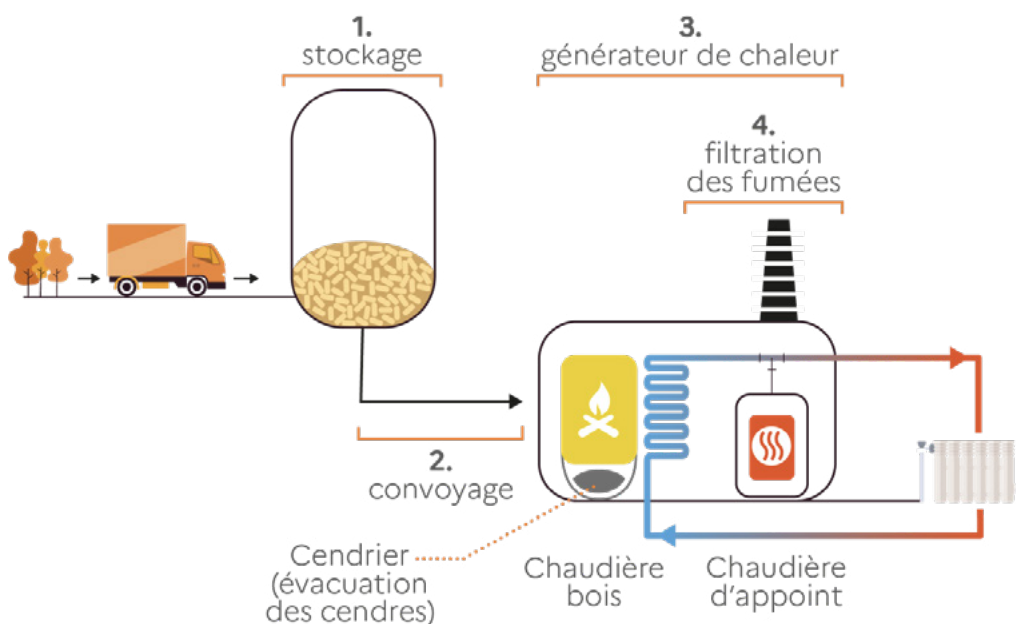
- Moins de 1 000 GWh
- Entre 1 000 et 1 500 GWh
- Entre 1 500 et 3 000 GWh
- Entre 3 000 et 5 000 GWh
- Plus de 5 000 GWh



## 1.2.4. TYPOLOGIE DES INSTALLATIONS

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE CHAUFFERIE BOIS PRODUISANT DE LA CHALEUR

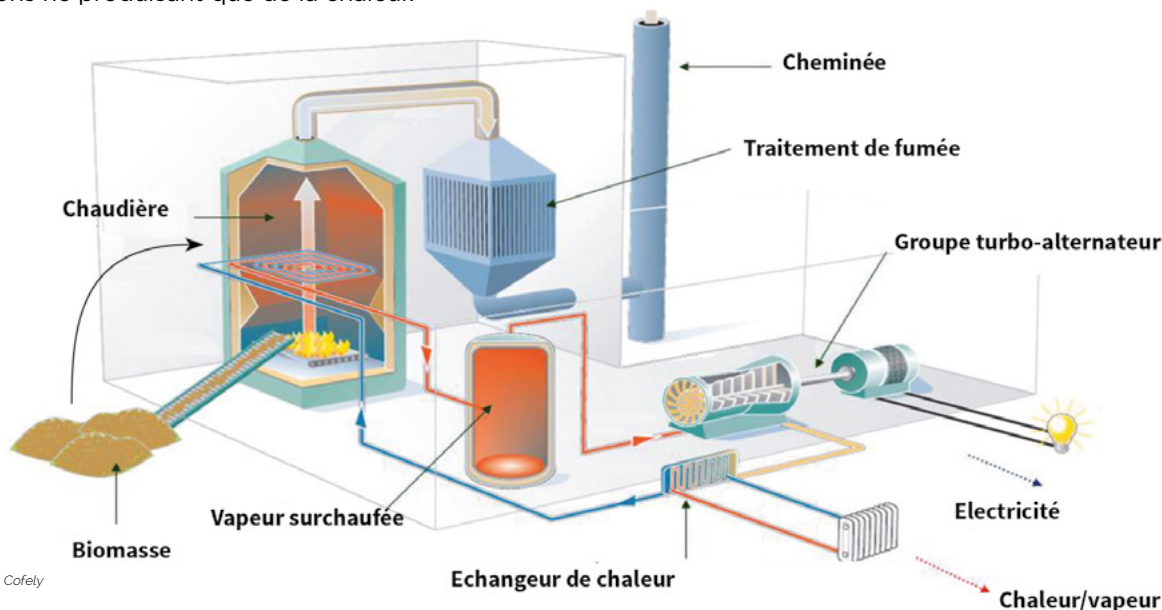
Le biocombustible est stocké dans un silo tampon destiné à garantir l'alimentation régulière de la chaudière. La biomasse est ensuite acheminée dans le foyer de combustion où elle est brûlée à des températures très élevées (de 800 à 900 °C). Ce brûlage du bois à haute température permet une combustion complète et assure un rendement énergétique important tout en limitant les rejets polluants dans l'air. L'énergie thermique ainsi produite sous forme d'eau chaude ou de vapeur est utilisée pour alimenter un réseau de chaleur, un site industriel, des bâtiments résidentiels, agricoles ou tertiaires.



Source : ADEME - « Énergies renouvelables : le Bois Énergie - Réussir la transition énergétique de mon territoire », 2023

## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE INSTALLATION BOIS-ÉNERGIE EN COGÉNÉRATION

Il y a cogénération lorsque la combustion de la biomasse produit à la fois de l'énergie électrique et de l'énergie thermique. Dans une installation de cogénération, la chaleur issue de la combustion du bois, utilisée pour chauffer de l'eau dans une chaudière et la transformer en vapeur, permet de produire de l'électricité en faisant tourner des turboalternateurs. De plus, la chaleur d'une partie de la vapeur émise est récupérée, par exemple, pour alimenter un réseau de chaleur. Les installations biomasse de cogénération sont souvent de plus grande puissance que les installations ne produisant que de la chaleur.



## 1.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS

### 1.3.1. TYPOLOGIE DES COMBUSTIBLES POUR LE BOIS-ÉNERGIE

Les combustibles pour le bois-énergie ont diverses origines. Cette diversité des sources d'approvisionnement des combustibles bois permet de valoriser les ressources renouvelables des territoires, et de faire de cette filière une composante essentielle de l'économie circulaire.

Le bois-énergie est issu d'une gestion durable des forêts et des espaces boisés hors forêt. Cette filière offre un débouché complémentaire à la valorisation prioritaire des arbres en bois d'œuvre, aux co-produits de l'industrie du bois, et aux produits bois en fin de vie.

#### LES BOIS ISSUS DE LA FORÊT

- Le bois bûche
- Les plaquettes forestières

#### LES BOIS HORS FORÊT

- Les bois des bocages, de l'agroforesterie et des taillis à courte rotation
- Les bois paysagers (entretien des parcs et espaces verts)

#### LES CO-PRODUITS DE L'INDUSTRIE DU BOIS

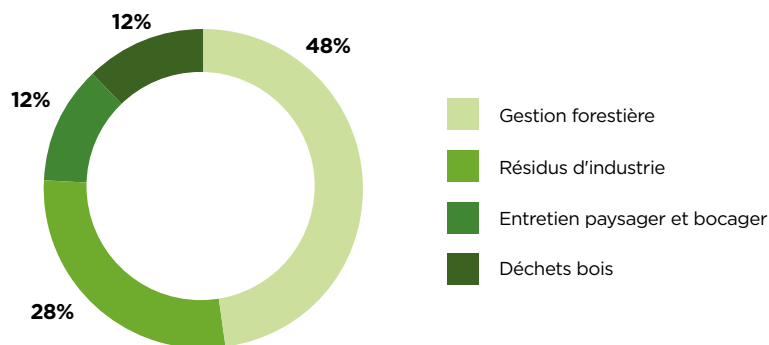
- Les granulés (ou « pellets », terme anglais)
- Les briquettes et bûchettes reconstituées

#### LES BOIS EN FIN DE VIE

- Les emballages en bois (palettes, caisses, etc.) usagés
- Les déchets d'ameublement en bois
- Les déchets en bois issus de la démolition ou déconstruction des bâtiments

## ◆ Les sources d'approvisionnement de la filière bois-énergie

Source : SER d'après ADEME<sup>3</sup>



### 1.3.2. ATOUTS

Le bois-énergie présente plusieurs atouts. Il permet :

- **De substituer des énergies fossiles par une énergie renouvelable à fort rendement énergétique, tout en renforçant l'indépendance énergétique française.**

Le CO<sub>2</sub> émis par la combustion du bois s'inscrit dans le cycle du carbone biogénique (il est capté par les arbres durant leur croissance).

**Grâce à l'usage du bois-énergie (domestique et collectif), ce sont en moyenne 21 millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> évitées chaque année<sup>4</sup> en substitution aux énergies fossiles importées.**

- **De participer à l'amélioration de la gestion forestière en apportant un revenu complémentaire aux propriétaires forestiers**

L'objectif prioritaire de la sylviculture française est la production de bois d'œuvre (à plus forte valeur ajoutée). La fraction restante vendue pour le bois-énergie apporte aux propriétaires forestiers un complément de revenu indispensable à l'entretien de leur patrimoine forestier.

- **De contribuer à l'économie circulaire**

A ce jour, 800 000 tonnes<sup>5</sup> de bois en fin de vie sont valorisées dans des chaufferies collectives plutôt que d'aller en décharges. De plus, les cendres issues de la combustion de bois peuvent être valorisées sur des sols agricoles ou forestiers, pour améliorer les sols (stabilité de la structure, redressement du pH) ou pour les fertiliser (par l'apport de potasse et de phosphore).

- **De protéger le pouvoir d'achat des ménages et la compétitivité des entreprises**

Le bois-énergie est l'énergie la moins chère en coût global, grâce à ses prix relativement stables et bas en comparaison aux énergies fossiles importées.

- **De consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois non délocalisables**

La filière bois-énergie, c'est 1,3 Md€ de valeur ajoutée annuelle et 50 000 emplois directs et indirects, non délocalisables et bien ancrés dans les territoires.

3. Etude sur « le chauffage domestique au bois - Marchés et approvisionnement » août 2018 et avis « Forêt, bois-énergie et changement climatique » janvier 2022

4. Selon la méthodologie de l'ADEME, avec les hypothèses suivantes : un rendement énergétique des chaudières gaz de 90% et un facteur d'émission du gaz naturel en combustion de 0,187 tCO<sub>2</sub>/MWh PCI.

5. Source : Plan Déchets du CSF Bois

6. SER & FBF « Questions-Réponses : Bois-Energie », mai 2021

## 1.4. EXEMPLE DE RÉALISATION

### Une chaufferie biomasse couplée à des panneaux solaires – Le réseau de chaleur de Voreppe

Le réseau de chaleur de la ville de Voreppe (38), situé dans le quartier des Bannettes, est un exemple de projet innovant de complémentarité énergétique associant l'énergie solaire thermique à une chaudière biomasse, une première en région Auvergne-Rhône-Alpes. D'une longueur de 1.4 km et en cours d'extension, il alimente une grande diversité de bâtiments communaux, comme des écoles, un EHPAD, une piscine municipale, ainsi que des logements (collectifs et individuels). L'installation comprend une chaufferie bois mise en service en juin 2018 d'une puissance de 500 kW ainsi que 200 m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques de haute performance couvrant ainsi entre 4% et 5% des besoins énergétiques annuels du réseau. Ce projet vise une couverture en énergies renouvelables de 85 %, réduisant ainsi les émissions de CO<sub>2</sub> de la ville d'environ 14 tonnes par an.



#### CHIFFRES CLÉS :

- ◆ Puissance chaudière bois : **500 kW** ;
- ◆ Chaleur distribuée : **2 GWh/an** ;
- ◆ Couplage EnR : **200 m<sup>2</sup>** solaires thermiques ;
- ◆ Production moyenne : **100 MWh** ;
- ◆ Appoint par production solaire :  
**5 % de la production totale.**

« La chaufferie biomasse et panneaux solaires des Bannettes est un équipement très spécifique, avec des technologies que l'on n'avait pas l'habitude de mettre en œuvre. Avec le recul, nous pouvons dire que cette installation très complémentaire de notre chaufferie bois répond parfaitement à nos besoins. La chaleur renouvelable apporte un confort d'usage à coût raisonnable, tout en préservant notre environnement. Notre volonté est de continuer d'innover dans ces dispositifs pour apporter toujours plus de stabilité au chauffage par des énergies renouvelables. »

**Olivier ALTHUSER, conseiller municipal délégué à la transition écologique et la préservation de la biodiversité. Président de la régie Voreppe Énergies Renouvelables.**



# FOCUS SUR LA BIOMASSE FORESTIÈRE EN FRANCE

## SITUATION ACTUELLE

L'inventaire forestier national de 2024<sup>1</sup> confirme que **la forêt métropolitaine continue de s'étendre**. Elle couvre désormais 32 % du territoire sur 17,5 millions d'hectares, contre 14,1 millions d'hectares en 1985. Notre pays dispose également d'une surface forestière de 8,2 millions d'hectares en outre-mer.

Cet inventaire montre que **la forêt métropolitaine est affectée par le changement climatique** :

- La croissance des arbres est en recul de 4 % depuis 10 ans et représente en moyenne 87,9 millions de m<sup>3</sup>/an sur la période 2014-2022 contre 91,5 millions de m<sup>3</sup>/an sur la période 2005-2013.
- La mortalité des arbres a doublé en dix ans et représente en moyenne 0,5 % du volume de bois vivants, soit 15,2 millions de m<sup>3</sup>/an sur la période 2014-2022. Elle était de 7,4 millions de m<sup>3</sup>/an sur la période 2005-2013.

Toutefois, **l'accroissement biologique net de la forêt métropolitaine est toujours très important** et représente une augmentation de l'ordre de 72,7 millions de m<sup>3</sup>/an en moyenne sur la période 2014-2022. La récolte (pour tous les usages du bois), de 53,1 millions de m<sup>3</sup>/an, est inférieure à l'accroissement naturel des forêts.

Face au changement climatique, l'État et les professionnels de la filière forêt-bois se mobilisent **pour renforcer la résilience des forêts** (plan de renouvellement forestier, plan de prévention des incendies de forêts, appui à la filière graines et plants et aux entreprises réalisant des travaux forestiers, ...).

## POTENTIELS À MOYEN TERME

La priorité de la sylviculture en France est la production de bois d'œuvre (constructions en bois, parquets, tonneaux, ...), ce qui induit du bois d'industrie et bois-énergie puisqu'il valorise les co-produits de la gestion durable des forêts (coupes d'éclaircies, cloisonnements,

DFCI, ...) et les co-produits des industries du bois (écorces, sciures, ...), dans une logique de **complémentarité des usages du bois** et d'économie circulaire.

La troisième itération de la **Stratégie nationale bas-carbone** projette une **augmentation de la récolte de bois** en forêt pour atteindre 63 millions de m<sup>3</sup>/an prélevés en 2030 tout en assurant le renouvellement de la forêt. Cet objectif s'inscrit dans le cadre du Programme National de la Forêt et du Bois (PNFB), issu d'une large concertation de l'ensemble des parties prenantes de la filière forêt-bois.

Le développement de la gestion durable des espaces forestiers *via* notamment sa massification en forêts privées doit permettre de préserver l'ensemble des services écosystémiques rendus par les forêts :

- **Substitution** des énergies fossiles ou des matériaux plus énergivores par l'utilisation du bois de construction et du bois-énergie ;
- **Stockage** du carbone dans les produits bois ; et,
- **Séquestration** du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère afin que la forêt puisse continuer **son rôle de puits de carbone**.

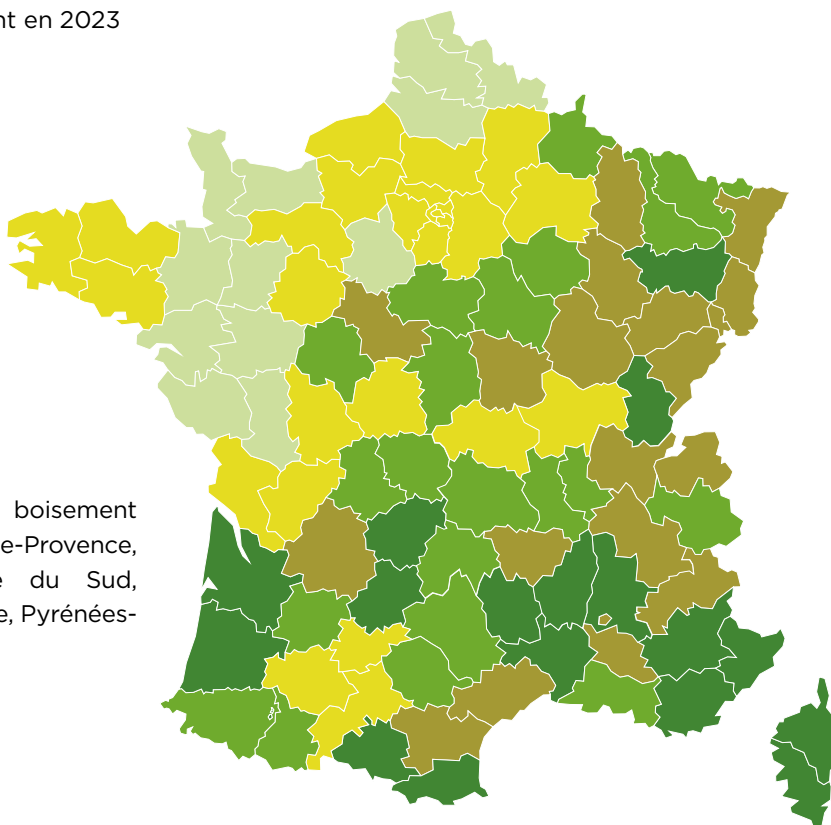
Une étude publiée en mai 2024<sup>2</sup> par l'IGN et le FCBA montre que la filière forêt-bois peut rester captatrice de carbone à l'horizon 2050/2080, même dans un scénario de hausse modérée de la demande en bois d'œuvre, bois d'industrie et bois-énergie sous réserve que les crises sylvo-climatiques telles que celle connue ces dernières années ne soient pas trop fréquentes ou trop intenses à l'avenir.

Il existe également des marges de manœuvre pour valoriser des gisements de biomasse ligneuse peu mobilisés actuellement hors forêt (entretiens et plantations de haies, récupération des bois usagés, ...).

## Taux de boisement par département en 2023

Source : Inventaire forestier 2024, IGN

- Moins de 15%
- Entre 15 et 25%
- Entre 25 et 35%
- Entre 35 et 45%
- Plus de 45%



Dix départements ont un taux de boisement supérieur à 50% : Alpes-de-Haute-Provence, Alpes-Maritimes, Ardèche, Corse du Sud, Drôme, Haute-Corse, Landes, Lozère, Pyrénées-Orientales, Var.

1. Le mémento de l'inventaire forestier - édition 2024 - rassemble les principaux chiffres, cartes et informations sur la forêt française issus des campagnes d'inventaire 2019 à 2023 de l'IGN.

2. « Projections des disponibilités en bois et des stocks et flux de carbone du secteur forestier français », Mai 2024



## 2. POMPES À CHALEUR AÉROTHERMIQUES

Une pompe à chaleur (PAC) aérothermique exploite la chaleur présente naturellement dans l'air ambiant pour en faire une source de chauffage ou de production d'eau chaude. Différentes technologies sont utilisées dans les maisons individuelles, les logements collectifs et les bâtiments tertiaires.

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>2.1. CHIFFRES CLÉS</b>                            | <b>21</b> |
| <b>2.2. PARC INSTALLÉ ET NOUVELLES INSTALLATIONS</b> | <b>21</b> |
| 2.2.1. Parc installé par technologie et par secteur  | 21        |
| 2.2.2. Production de chaleur renouvelable            | 22        |
| 2.2.3. Nouvelles installations                       | 22        |
| <b>2.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS</b>               | <b>22</b> |
| 2.3.1. Définitions et typologies                     | 22        |
| 2.3.2. Atouts  | 23        |
| <b>2.4. EXEMPLE DE RÉALISATION</b>                   | <b>24</b> |

Après des années de hausse et une année record en 2022, le marché des PAC air/eau a connu une baisse en 2023, tout en restant cependant supérieur à celui de 2021. Cette baisse se produit principalement sur le secteur de la rénovation, en raison de la conjoncture économique, du flou et de la complexité des nouvelles aides publiques à la rénovation. Dans le secteur de la construction neuve, une baisse s'amorce liée aux difficultés de ce secteur, alors que la PAC est la solution phare pour le résidentiel et le tertiaire.

Pour autant, la transition vers des matériels utilisant des fluides frigorigènes à moindre Pouvoir de réchauffement planétaire (PRP) est à l'œuvre avec, pour les PAC air/eau, une part des appareils utilisant des fluides à faible PRP (<750) atteignant près de 70%.

Malgré le contexte économique défavorable, les chauffe-eaux thermodynamiques progressent en 2023. Les PAC air/air continuent de progresser. En rénovation, ces équipements représentent une solution pertinente et efficace de rénovation en remplacement ou en complément d'une solution de chauffage existante, notamment pour les installations à effet Joule. Ils apportent en complément une solution de confort d'été pour les quelques jours les plus chauds de l'année. Les PAC air/air trouvent également des applications pertinentes en constructions neuves dans un certain nombre de configurations compatibles avec la RE 2020.

## 2.1. CHIFFRES CLÉS<sup>1</sup>



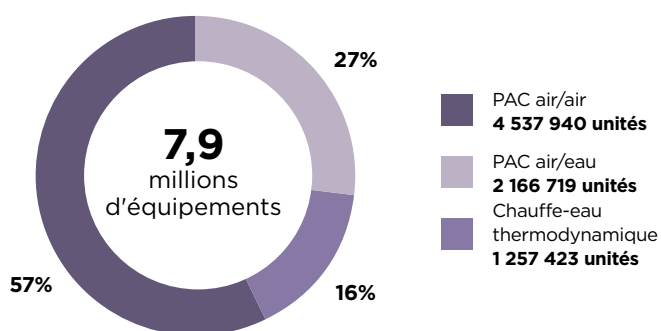
La production de chaleur renouvelable des pompes à chaleur aérothermiques s'élève à 43,5 TWh en 2023 en France métropolitaine et couvre 7 % de la consommation finale de chaleur sur cette même année. Le parc se compose de 7,9 millions d'équipements en fonctionnement.

## 2.2. PARC INSTALLÉ ET NOUVELLES INSTALLATIONS

### 2.2.1. PARC INSTALLÉ PAR TECHNOLOGIE ET PAR SECTEUR

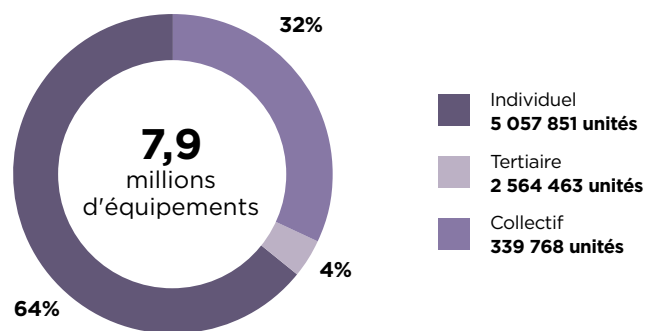
◆ Nombre d'équipements aérothermiques installés par type de technologie fin 2023

Source : AFPAC, Uniclîma



◆ Nombre d'équipements aérothermiques installés par secteur fin 2023

Source : AFPAC, Uniclîma



Fin 2023, les PAC air/air<sup>2</sup> représentent approximativement la moitié du parc des installations aérothermiques en France métropolitaine.

Les équipements aérothermiques sont en grande majorité installés dans des maisons individuelles.

Les PAC aérothermiques en immeubles collectifs, en neuf ou en rénovation, sont encore peu fréquentes.

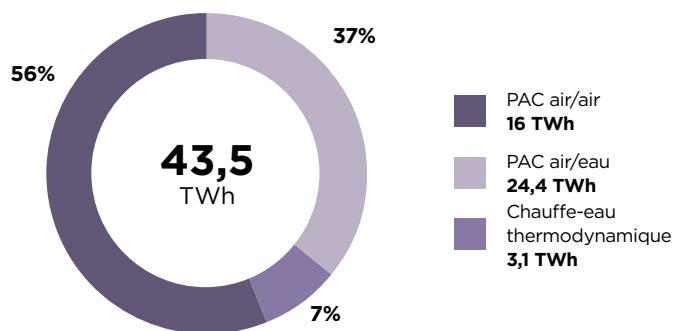
1. Les données de parc présentées dans ce chapitre ont été consolidées pour 2023 par UNICLIMA et l'AFPAC sur la base de données réelles et à l'aide de différentes hypothèses de calcul, notamment pour la PAC air/air. Elles concernent la France métropolitaine.

2. PAC air/air utilisées en chauffage

## 2.2.2. PRODUCTION DE CHALEUR RENOUVELABLE

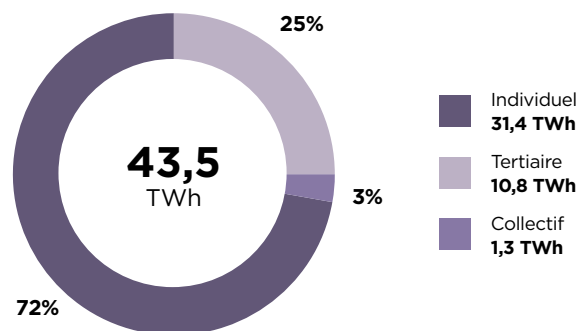
◆ Production de chaleur renouvelable par type de technologie fin 2023 (en TWh)

Source : AFPAC, Uniclimate



◆ Production de chaleur renouvelable par secteur fin 2023 (en TWh)

Source : AFPAC, Uniclimate



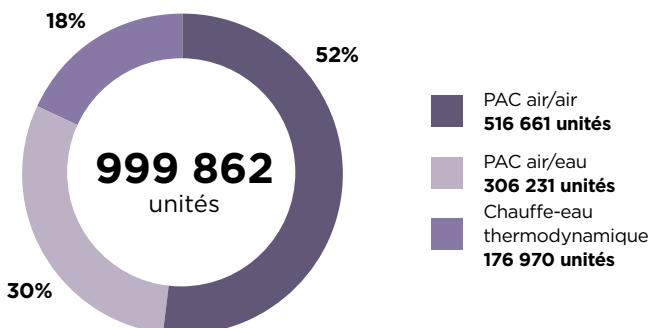
Fin 2023, les PAC air/eau contribuent à la majorité de la production de chaleur renouvelable des équipements aérothermiques.

La production de chaleur renouvelable des équipements aérothermiques est principalement utilisée dans des maisons individuelles.

## 2.2.3. NOUVELLES INSTALLATIONS

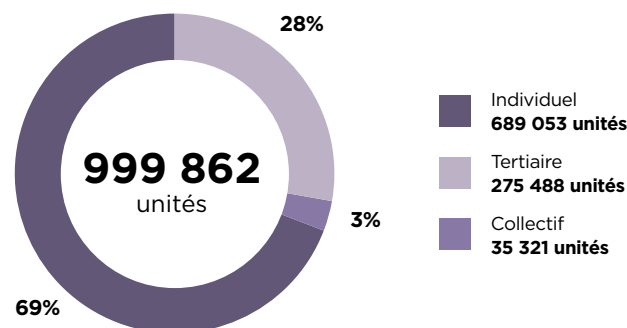
◆ Répartition des ventes par type de technologie en 2023

Source : AFPAC, Uniclimate



◆ Répartition des ventes par secteur en 2023

Source : AFPAC, Uniclimate



En 2023, près d'un million d'équipements aérothermiques ont été vendus en France, avec une majorité de PAC (air/air<sup>3</sup> ou air/eau), principalement dans le secteur des maisons individuelles.

## 2.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS

### 2.3.1. DÉFINITIONS ET TYPOLOGIES

Une pompe à chaleur (PAC) aérothermique puise l'énergie thermique de l'air pour produire de la chaleur dans le bâtiment (sur vecteur air ou un réseau hydraulique) grâce à un cycle thermodynamique qui, pour fonctionner, utilise de l'électricité ou plus rarement du gaz.

3. UNCLIMA considère que 30 % des PAC air/air sont utilisées en chauffage



Les différentes technologies aérothermiques disponibles sont :

- ◆ **La PAC air/air** : elle prélève la chaleur sur l'air extérieur et la distribue dans l'habitat *via* l'air intérieur. Cette catégorie inclut les systèmes à Débit de Réfrigérant Variable (DRV) et les unités de toiture (*rooftop*).
- ◆ **La PAC air/eau** : cette PAC prélève également la chaleur sur l'air extérieur et l'utilise pour chauffer un système à eau, ce qui convient mieux aux circuits de chauffage (plancher chauffant, radiateurs, etc.) et à la production d'eau chaude sanitaire. Cette catégorie inclut les *chillers* (refroidisseurs de liquide) également réversibles.
- ◆ **Le chauffe-eau thermodynamique (CET)** : il permet de produire de l'eau chaude sanitaire de manière autonome grâce à un système thermodynamique intégré au ballon de stockage, en prélevant la chaleur sur l'air extérieur ou l'air extrait.

Ces différentes technologies aérothermiques permettent de :

- chauffer ou rafraîchir des locaux ;
- produire également de l'eau chaude sanitaire (ECS) ;
- produire du chaud et du froid renouvelables.

Les principales applications concernent la maison individuelle, les bâtiments tertiaires et les logements collectifs.

**La performance d'une pompe à chaleur** se traduit par son coefficient de performance (COP) et par son coefficient de performance saisonnière (SCOP), plus représentatif sur une saison de chauffage.

Le SCOP est le rapport entre les kWh de chaleur produits pour 1 kWh d'électricité (ou de gaz) consommé par la pompe à chaleur. Une pompe à chaleur électrique avec un SCOP de 3 produit 3 kWh de chaleur pour une consommation d'électricité de 1 kWh.

Les règlements européens sur l'écoconception imposent une performance minimum pour la mise en marché des PAC sur le territoire européen :

- PAC air/eau : SCOP minimum de 2.8 pour les PAC à moyenne température (adaptées pour les radiateurs), SCOP minimum de 3.2 pour les PAC à basse température (adaptées pour le plancher chauffant).
- PAC air/air : SCOP minimum de 3.4.

Une pompe à chaleur permet ainsi de réduire considérablement la consommation d'énergie électrique (ou d'énergie fossile pour les PAC fonctionnant au gaz).

## 2.3.2. ATOUTS

---

Les pompes à chaleur aérothermiques présentent plusieurs atouts. Elles permettent :

- de remplacer efficacement les énergies fossiles par une énergie renouvelable à la maturité prouvée, tout en renforçant l'indépendance énergétique française ;

**Avec un parc de 7,9 millions d'équipements en France métropolitaine, la chaleur renouvelable des PAC aérothermiques permet d'éviter le rejet dans l'atmosphère de 10 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an<sup>4</sup>.**

- de produire du chaud et/ou du froid renouvelables *via* les PAC réversibles ou les thermo-frigo-pompes (production simultanée de chaud et de froid) ;
- d'atteindre les exigences réglementaires de la RE 2020, du bâtiment à énergie positive (BEPOS) et des labels haute qualité environnementale (HQE) ;
- de consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois.

Avec 31 sites industriels en France, la filière réalise un chiffre d'affaires de 6,4 milliards d'euros en 2022. Elle compte 46 000 emplois directs et indirects (fabrication, distribution, installation et maintenance) en 2022<sup>5</sup>.

---

4. En remplacement du chauffage au gaz pour les PAC air/eau et du chauffage électrique pour les PAC air/air, avec les hypothèses suivantes :

- émissions de CO<sub>2</sub> du gaz = 0,227 kg CO<sub>2</sub>/kWh et rendement chaudière gaz de 92%

- émissions de CO<sub>2</sub> du chauffage électrique = 0,079 kg CO<sub>2</sub>/kWh

5. Source : AFPAC 2022

## 2.4. EXEMPLE DE RÉALISATION

### Des pompes à chaleur sans unité extérieure pour 112 logements sociaux à Flers (61)

Dans le cadre de la rénovation globale d'une résidence datant de 1963, le bailleur social Logissia a fait le choix de remplacer la chaudière gaz centralisée pour le chauffage et les chauffe bain individuels dans chaque appartement, par des pompes à chaleur air/eau qui assurent le chauffage, l'eau chaude sanitaire ainsi que la ventilation simple flux.

L'intérêt de cette solution est multiple : les pompes à chaleur sont sans unité extérieure et de faible puissance, elles fonctionnent à une température d'air extrait autour de 19°C donc avec un coefficient de performance élevé, elles sont individuelles et ne nécessitent pas de répartition des charges, il n'y a pas besoin de chaufferie centrale.

### Le choix du maître d'ouvrage :

Le bailleur social normand Logissia, filiale du Groupe Action Logement, s'est engagé dans un important programme de rénovation urbaine pour le quartier Saint-Michel à Flers. Son objectif principal est de réduire l'impact carbone des bâtiments qu'il exploite tout en réduisant la facture de ses locataires. La solution pompe à chaleur a répondu à ces attentes avec un chauffage écologique et économique.



### CHIFFRES CLÉS :

- ◆ **112 PAC** individuelles air extrait/eau de **4 à 7 kW** ;
- ◆ Coefficient de performance saisonnier (SCOP) de **3,6** (pour un chauffage à 55°C), **4,5** (pour un chauffage à 35°C) ;
- ◆ **Une consommation d'énergie divisée par 4** par rapport à une solution classique de chauffage au gaz ;
- ◆ **Des émissions de gaz à effet de serre réduites d'un facteur 10** par le passage du gaz à la PAC.

## 3. GÉOTHERMIES

Les géothermies valorisent la chaleur du sous-sol à diverses profondeurs. Elles peuvent être exploitées pour de nombreux usages : chauffage, rafraîchissement, climatisation, stockage d'énergie, production de vapeur.

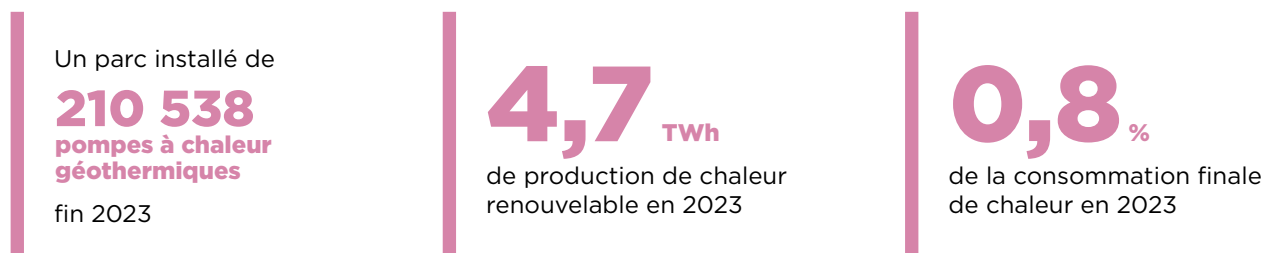
---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>3.1. GÉOTHERMIE DE SURFACE</b>               | <b>26</b> |
| 3.1.1. Chiffres clés                            | 26        |
| 3.1.2. Parc installé et nouvelles installations | 26        |
| <b>3.2. GÉOTHERMIE PROFONDE</b>                 | <b>27</b> |
| 3.2.1. Chiffres clés                            | 28        |
| 3.2.2. Parc installé                            | 28        |
| 3.2.3. Production de chaleur renouvelable       | 28        |
| <b>3.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS</b>          | <b>29</b> |
| 3.3.1. Définitions et typologies                | 29        |
| 3.3.2. Atouts                                   | 30        |
| <b>3.4. EXEMPLES DE RÉALISATION</b>             | <b>31</b> |
| → FOCUS SUR LE GISEMENT GÉOTHERMIQUE EN FRANCE  | <b>33</b> |

## 3.1. GÉOTHERMIE DE SURFACE

### 3.1.1. CHIFFRES CLÉS<sup>1</sup>

La géothermie de surface valorise la chaleur du proche sous-sol à faible profondeur (moins de 200 mètres) et à faible température (moins de 30 °C), *via* une pompe à chaleur (PAC) géothermique couplée à des capteurs enterrés ou *via* des forages qui exploitent la chaleur d'aquifères superficiels.



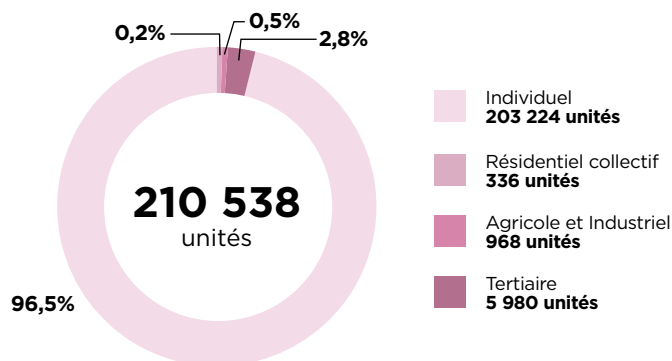
En 2023, la production de chaleur renouvelable de la géothermie de surface s'élève à 4,7 TWh<sup>2</sup> en France métropolitaine et couvre 0,8 % de la consommation finale de chaleur renouvelable. Le parc se compose de 210 538 pompes à chaleur (PAC) géothermiques en fonctionnement.

### 3.1.2. PARC INSTALLÉ ET NOUVELLES INSTALLATIONS

#### CARACTÉRISTIQUES DU PARC

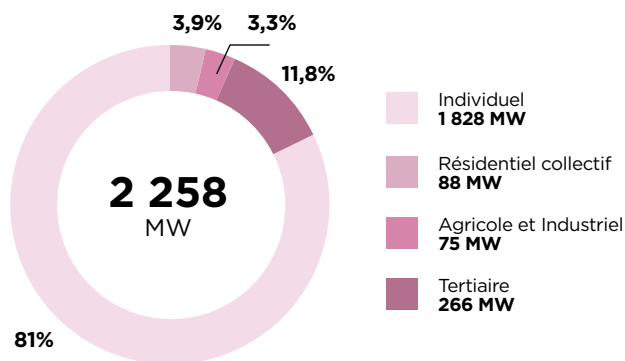
◆ Nombre de PAC géothermiques installées par secteur au 31 décembre 2023

Source : SER, d'après AFPG



◆ Répartition des puissances installées des PAC géothermiques par secteur au 31 décembre 2023 (en MW)

Source : SER, d'après AFPG



À fin 2023, le parc des PAC géothermique installées est essentiellement dans le secteur individuel (96,5 %) qui représente la majorité des puissances installées (81 %).

1. La méthodologie de calcul est le fruit d'un travail collaboratif entre les acteurs représentatifs de la filière (l'AFPG, le BRGM, le SER, UNICLIMA, l'AFPAC), l'ADEME, Observ'ER et le service statistique du ministère de la transition énergétique (SDES). Les hypothèses suivantes ont été retenues :

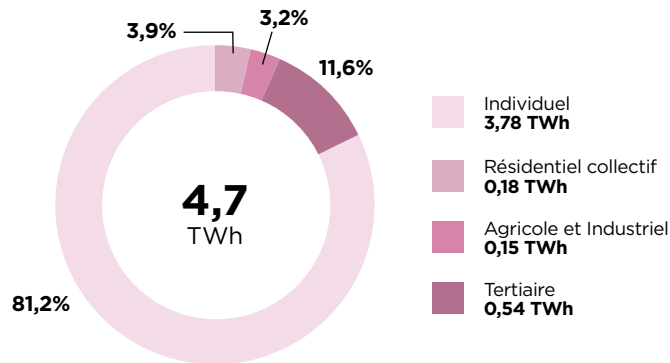
- un temps de fonctionnement moyen des PAC géothermiques de 2 070 heures pour tous les secteurs ;
- des puissances moyennes différenciées par secteur (côté sous-sol) : 9 kW pour le résidentiel individuel, 41,25 kW pour le tertiaire et 75 kW pour le résidentiel collectif ;
- une prise en compte de la durée de vie des installations pour tous les secteurs, s'appuyant sur les résultats de l'étude AFPG relative à la durée de vie des installations de géothermie de surface, publiée en 2022.

2. Selon le SDES, les 4,7 TWh de production de chaleur renouvelable en 2023 intègrent une part de production de froid renouvelable par la géothermie de surface avoisinant 0,1 TWh.

## PRODUCTION DE CHALEUR RENOUVELABLE DES INSTALLATIONS

### ◆ Production de chaleur renouvelable des PAC géothermiques par secteur en 2023

Source : SER, d'après AFPG

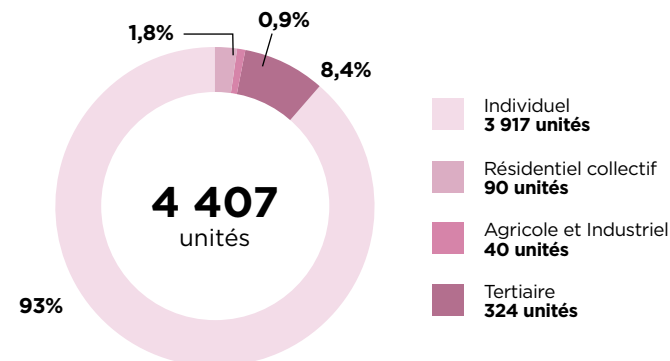


En 2023, les PAC géothermiques installées dans le secteur individuel assurent la majorité (81,2 %) de la production de chaleur renouvelable issue de la géothermie de surface.

## NOUVELLES INSTALLATIONS

### ◆ Répartition des nouvelles PAC géothermiques installées par secteur en 2023

Source : SER, d'après AFPG

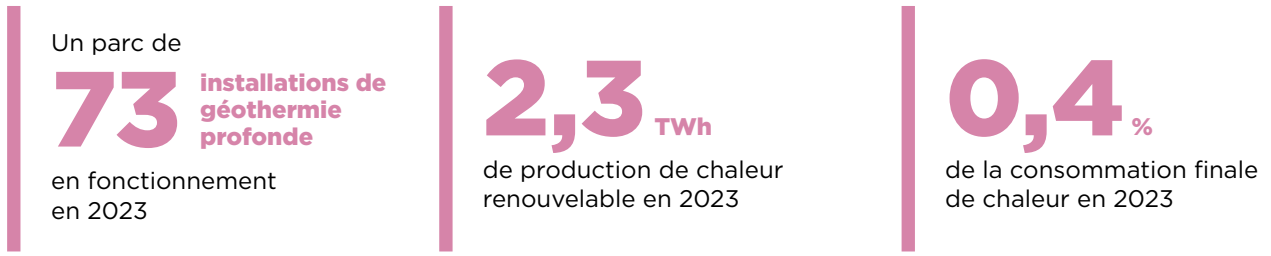


En 2023, le secteur individuel a dominé (93 %) le marché des ventes des PAC géothermiques.

## 3.2. GÉOTHERMIE PROFONDE

La géothermie profonde capte une eau à plus de 30 °C dans des aquifères profonds (en général à plus de 800 mètres de profondeur) afin de chauffer des bâtiments et/ou des sites industriels, directement ou *via* un réseau de chaleur.

### 3.2.1. CHIFFRES CLÉS<sup>1</sup>



En 2023, avec 73 installations en fonctionnement en France métropolitaine, la production de chaleur renouvelable des installations de géothermie profonde s'élève à 2,3 TWh, ce qui couvre 0,4 % de la consommation finale de chaleur.

### 3.2.2. PARC INSTALLÉ

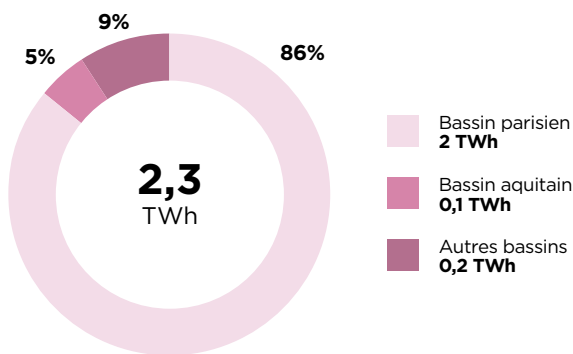
◆ Parc des installations de géothermie profonde par bassin géologique en France métropolitaine au 31 décembre 2023

Source : AFPG, d'après le BRGM et ADEME

| BASSIN GÉOLOGIQUE           | NOMBRE D'INSTALLATIONS |
|-----------------------------|------------------------|
| BASSIN PARISIEN             | 55                     |
| BASSIN AQUITAIN             | 16                     |
| AUTRES BASSINS <sup>4</sup> | 2                      |
| <b>TOTAL</b>                | <b>73</b>              |

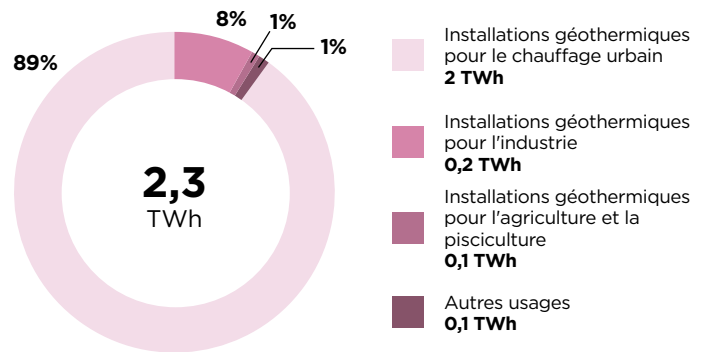
### 3.2.3. PRODUCTION DE CHALEUR RENOUVELABLE DES INSTALLATIONS

◆ Production de chaleur renouvelable de la géothermie profonde par bassin géologique au 31 décembre 2023 (en TWh) Source : SER, d'après AFPG, BRGM et ADEME



En 2023, la grande majorité de la chaleur renouvelable issue de la géothermie profonde provient du Bassin parisien (86 %).

◆ Production de chaleur renouvelable de la géothermie profonde par usage au 31 décembre 2023 (en TWh) Source : SER, d'après AFPG, BRGM et ADEME



En 2023, le chauffage urbain est l'usage dominant de la chaleur renouvelable produite par les installations de géothermie profonde en France métropolitaine. Il existe également, dans une bien moindre mesure, d'autres usages de la géothermie profonde qui ne figure pas dans le graphique ci-dessus : piscines, thermes, chauffage de l'eau chaude sanitaire, co-productions pétrole/géothermie.

3. Les données présentées sur la géothermie profonde ont été consolidées par l'AFPG dans le cadre de l'étude de filière 2024 "La géothermie en France" sur les données 2023, notamment à partir de la base de données SYBASE gérée par le BRGM et l'ADEME et à l'aide de différentes hypothèses de calcul. Elles concernent l'année 2023, mais des correctifs ont pu être apportés pour le passé.

4. Bassin du Sud-Est et Fossé Rhénan

## 3.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS

---

### 3.3.1. DÉFINITIONS ET TYPOLOGIES

---

#### GÉOTHERMIE DE SURFACE ET GÉOTHERMIE PROFONDE

Le principe des géothermies consiste à récupérer la chaleur disponible sous la surface de la terre. Dans certains cas, on utilise également l'inertie thermique et le fait que la température du sous-sol subit moins de variations saisonnières que la température de surface. Selon la profondeur et la température, on distingue la géothermie de surface et la géothermie profonde.

**La géothermie de surface** (aussi appelée géothermie de très basse énergie) valorise la chaleur du proche sous-sol à faible profondeur (moins de 200 mètres) et à faible température (moins de 30 °C), *via* une pompe à chaleur (PAC) géothermique couplée à des capteurs enterrés ou *via* des forages qui exploitent la chaleur d'aquifères superficiels.

Il est possible, soit de pomper l'eau des aquifères *via* un système ouvert (l'eau est intégralement réinjectée dans l'aquifère d'origine), soit d'utiliser un système souterrain de circulation en boucle fermée pour acheminer la chaleur du sous-sol jusqu'à la surface. Il est également possible de produire du froid, soit par l'utilisation d'une PAC réversible, soit par géocooling. Le **géocooling** fait partie des techniques de rafraîchissement naturel qui consiste en l'utilisation "directe" de la température du sous-sol pour assurer le rafraîchissement d'un bâtiment, sans fonctionnement de la pompe à chaleur géothermique.

Ainsi, la géothermie de surface permet de couvrir les besoins de chauffage, d'eau chaude sanitaire, de climatisation et de rafraîchissement pour des bâtiments neufs ou rénovés.

**La géothermie profonde** désigne l'utilisation de la chaleur d'aquifères profonds (en général à plus de 800 mètres de profondeur) avec une température comprise entre 30 °C et 250 °C. On distingue dans ce large éventail de températures :

- La production de chauffage urbain, entre 50 et 80 °C,
- La production de chaleur pour des procédés industriels, agroalimentaires ou aqualudiques, entre 30 et 180 °C,
- La production de froid industriel, aux alentours de 100 °C,
- La production d'électricité ou la cogénération, au-delà de 150 °C.

Les températures inférieures à 100 °C se trouvent en général dans les couches sédimentaires, celles entre 100 et 180 °C se trouvent dans les fossés d'effondrement et les températures au-delà de 200 °C se trouvent dans les zones volcaniques.

Dans le cas de la production de chaleur, l'installation géothermique repose sur un doublet de forages constitué d'un puits de production et d'un puits de réinjection. L'eau géothermale pompée jusqu'à la surface cède sa chaleur dans un échangeur thermique à l'eau d'un réseau de chaleur, à la sortie de l'échangeur l'eau géothermale refroidie est réinjectée dans l'aquifère d'origine. Le chauffage des bâtiments, à l'aide de réseaux de chaleur géothermique, est le premier poste d'utilisation de la géothermie en France.

Dans le cas de la production d'électricité, l'eau géothermale captée par forage arrive en surface sous la forme d'un mélange d'eau et de vapeur d'eau. Les deux phases sont alors séparées et la vapeur est introduite dans une turbine pour produire de l'électricité. Une seule exploitation existe, celle de Bouillante en Guadeloupe qui fournit 7 % de l'électricité produite sur ce territoire.

#### TYPOLOGIE DES PAC GÉOTHERMIQUES

Une **pompe à chaleur (PAC) géothermique** est un équipement qui fonctionne sur le principe de la thermodynamique qui consiste à transférer les calories d'un milieu vers un autre avec un coefficient de performance (COP) élevé. Le fluide qui circule dans la PAC est un fluide frigorigène qui permet d'optimiser le transfert de chaleur entre la source primaire et le milieu à réchauffer ou à refroidir (ballon d'eau chaude, plancher chauffant, radiateur, climatiseur, etc.).

◆ La famille des pompes à chaleur géothermiques se compose de quatre modèles :

Source : SER, d'après AFPAC et AFPG

| PAC SOL/SOL   | PAC SOL/EAU  | PAC EAU GLYCOLÉE/EAU   | PAC EAU/EAU   |
|---|--|--|---|
| Elle capte les calories du sol grâce à la circulation d'un liquide frigorigène qui part directement dans le circuit de chauffage. | Elle capte les calories du sol pour les envoyer vers la pompe à chaleur. | Elle capte la chaleur du sol grâce à la circulation d'eau glycolée dans un échangeur géothermique fermé. | Elle capte les calories dans une nappe phréatique pour les envoyer vers la pompe à chaleur. |
| COP DE 3 À 4  | COP DE 3 À 4   | COP DE 4 À 7   | COP DE 4 À 7  |

Le choix d'un type de pompe à chaleur géothermique dépend surtout de l'espace disponible à l'extérieur du bâtiment et de la proximité d'une nappe phréatique.

La performance énergétique d'une pompe à chaleur est mesurée en laboratoire par son **coefficient de performance (COP)** : il correspond au rapport entre l'énergie produite et l'énergie consommée pour faire fonctionner la PAC. Le règlement européen sur l'écoconception exige un COP minimum de 3,5 pour la mise en marché des PAC géothermiques.

Le COP moyen d'une PAC géothermique est égal à 4. Avec du géocooling, la consommation d'énergie baissera car pour 1 kWh d'électricité consommée, il permet de produire entre 30 et 50 kWh de rafraîchissement.

### 3.3.2. ATOUTS

Les géothermies présentent plusieurs atouts :

- Elles remplacent efficacement les énergies fossiles par une **énergie renouvelable** à la maturité prouvée, tout en renforçant l'indépendance énergétique française.

Les géothermies font appel à des ressources renouvelables : les calories du sous-sol.

**Les installations de géothermie de surface rejettent en moyenne 45 g de CO<sub>2</sub> éq par kWh de chauffage, soit 5 fois moins que celles au gaz naturel (227 g de CO<sub>2</sub> éq par kWh) et 7 fois moins que celles au fioul (324 g de CO<sub>2</sub> éq par kWh).**

**La cinquantaine de réseaux de chaleur alimentés en géothermie profonde en Île-de-France permet d'éviter en moyenne l'émission de 320 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an, par rapport à un chauffage au gaz.**

De plus, les géothermies améliorent et préservent la qualité de l'air dans nos villes et nos territoires en produisant une énergie abondante sans combustion. Ses exploitations sont silencieuses et ses installations totalement intégrées dans le paysage ambiant.

- Ce sont les seules énergies renouvelables capables de produire à la fois de la chaleur, du froid, du rafraîchissement et de l'électricité, avec une haute performance énergétique et une disponibilité 24h sur 24 indépendamment des conditions climatiques et saisonnières.

Comme une PAC géothermique ne rejette pas de chaleur dans l'atmosphère tout en produisant du froid renouvelable, elle ne contribue pas à la création d'îlots de chaleur urbain, ce qui est un atout crucial dans un contexte d'augmentation des épisodes de canicule.

- Elles sont l'une des énergies renouvelables les plus **compétitives** sur le long terme en ce qui concerne les prix de vente de la chaleur distribuée par les réseaux de chaleur.

L'achat d'une PAC géothermique est vite amorti car elle a un coût de fonctionnement peu élevé et fonctionne en toute saison sans nécessiter de chauffage d'appoint supplémentaire. C'est un investissement qui permet de faire des économies de chauffage au fil des années.

Les coûts d'investissement de la géothermie profonde sont élevés mais les coûts de fonctionnement sont réduits et stables, ce qui offre une rentabilité à moyen et long terme.

Les filières géothermiques françaises disposent de puissants mécanismes de soutien et notamment des garanties du risque géologique, modèles reconnus mondialement pour leur pertinence technico-économique : Aquapac pour la géothermie de surface et le Fonds Géothermie pour la géothermie profonde.

- Elles permettent de coproduire du lithium, ressource essentielle pour le stockage de l'énergie dans des batteries lithium-ion utilisées par des véhicules électriques par exemple.

Une entreprise française a mis au point sur un site opérationnel un procédé capable d'extraire plus de 95 % du lithium présent dans les eaux géothermales qui circulent en profondeur au sein des granites. Dans l'hypothèse où ce procédé serait étendu à une dizaine d'installations géothermiques, la demande française annuelle de lithium serait satisfaite.

- Elles permettent de développer l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois.

En 2019, les filières géothermies ont généré 2 500 emplois directs et indirects et une valeur ajoutée de 280 millions d'euros en France.

4. D'après la base de données carbone de l'ADEME

5. D'après AFPG, La géothermie en France, étude de filière 2021.



## 3.4. EXEMPLES DE RÉALISATION

### GÉOTHERMIE DE SURFACE

#### GÉOTHERMIE DE SURFACE POUR LA MAISON MEDICALE DE BADONVILLER (54)

Construite en 2013, la maison médicale des Sittelles à Badonviller (Meurthe-et-Moselle) abrite divers professionnels de santé et se démarque en tant que bâtiment passif exemplaire *via* l'utilisation d'une solution géothermique innovante utilisant des sondes verticales. Ses 800 m<sup>2</sup> sont ainsi chauffés et refroidis de manière efficace et écologique grâce à la géothermie. La pompe à chaleur géothermique de 29 kW alimentée par quatre sondes géothermiques de 96 mètres de profondeur couvre les besoins de chauffage en hiver, tandis qu'en été, un simple fonctionnement en géocooling permet de répondre à la demande en rafraîchissement du bâtiment pour le confort des patients et des praticiens.

Discrètement placées sur un côté du bâtiment, les sondes verticales chauffent et rafraîchissent les espaces médicaux et de vie grâce à une source d'énergie renouvelable locale et économiquement fiable. Ce type de géothermie sur sondes verticales est facilement duplicable à d'autres bâtiments.

#### CHIFFRES CLÉS :

- ◆ Une production de chaud et de rafraîchissement pour un bâtiment **de 809 m<sup>2</sup>** de surface ;
- ◆ Les besoins thermiques utiles de **314,12 MWh** en chaud sont couverts à 100 % par la géothermie ;
- ◆ Le coefficient de performance (COP) de la PAC est de **4** ;
- ◆ **1 200 k€ HT** de subventions pour la totalité de la construction dont le coût total était de **2 076 k€ HT**. Partenaires : Europe, DDR, FNADT, réserve parlementaire, Région, Département, ADEME. Le coût de la géothermie représente 2 % du coût total des travaux ;
- ◆ Un coût de **53 400 € HT** dont sondes géothermiques : **22 500 € HT**, local technique (PAC, auxiliaires, calorifuge, hydraulique...) : **29 450 € HT**, Régulation : **1 450 € HT** ;
- ◆ Un gain environnemental de **3,6 tonnes de CO<sub>2</sub>** évitées par an.

Aujourd'hui, la maison de santé produit plus d'énergie qu'elle n'en consomme (label BEPOS Effinergie). Mais, au-delà des économies opérationnelles, le recours à la géothermie protège contre la volatilité des coûts des énergies fossiles. Comparé à une solution au gaz, entre 2018 et 2022, l'économie annuelle avoisine les 170 € sur la facture d'électricité consommée par la pompe à chaleur géothermique. Il aurait été dix fois supérieur avec une installation gaz, du fait notamment de l'absence de tarif réglementé du prix du gaz pour les petites installations professionnelles. L'installation permet également d'éviter l'émission de 3,6 t de CO<sub>2</sub>/an.



@association LER

6. Source : « Etude EY & SER, Évaluation et analyse de la contribution des énergies renouvelables à l'économie de la France et de ses territoires », juin 2020

### UN NOUVEAU RÉSEAU DE CHALEUR GÉOTHERMIQUE EN SEINE-SAINT-DENIS

Le Sipperec, Syndicat intercommunal de la périphérie de Paris pour l'énergie et les réseaux de communication, est engagé depuis près de vingt ans dans le développement des énergies renouvelables en Ile-de-France. Il a développé en partenariat avec les Lilas, Pantin, le Pré Saint-Gervais & Romainville (93) un nouveau réseau de chaleur en portage 100% public via la Société Publique Locale (SPL) Unigéo, dont l'actionnariat est réparti entre le Sipperec (majoritaire) et les 4 villes d'implantation.

En 2023, deux doublets géothermiques ont été forés avec succès au Dogger à plus de 1500 m de

profondeur. La partie nord de Pantin sera alimentée par un doublet géothermique foré à Drancy (93) fin 2024 par la régie Gényo du Sipperec. La centrale géothermique et le réseau (canalisations et stations d'échange) sont en cours de finalisation pour une mise en service prévue à l'automne 2025.

#### CHIFFRES CLÉS :

- ◆ Chaleur distribuée à terme : **190 GWh** ;
- ◆ Linéaire de réseaux : **29 km** (hors Romainville) ;
- ◆ Nombre d'équivalents logements : **20 000** ;
- ◆ Emissions de CO<sub>2</sub> évitées : **28 000 t/an**.



@Sipperec/SPL Unigéo



@Sipperec/SPL Unigéo

« Le réseau UniGéo sera, à sa mise en service en 2025, l'un des plus grands réseaux géothermiques de la petite couronne parisienne. Le montage 100% public retenu par les villes avec le Sipperec a permis la mobilisation de près de 80 M€ d'investissements, dont 29 M€ de subventions publiques (fonds chaleur ADEME, Région Ile-de-France et Métropole du Grand Paris).

Ce nouvel outil permettra de verdir massivement l'approvisionnement en chaleur d'un territoire de 150 000 habitants et de maîtriser les prix de l'énergie sur la durée pour tous ses abonnés. »

**Samuel BESNARD, président de la SPL Unigéo, Vice-Président du Sipperec, Adjoint au Maire de Cachan**

# FOCUS SUR LE GISEMENT GÉOTHERMIQUE EN FRANCE

Les ressources du sous-sol sont abondantes et variées. 100 % du territoire français se prête à au moins une technologie de géothermie.

## GÉOTHERMIE DE SURFACE

Il est possible d'installer une pompe à chaleur géothermique sur 99 % du territoire national.

## GÉOTHERMIE PROFONDE DE MOYENNE ÉNERGIE

### • LES AQUIFÈRES PROFONDS

La France possède un fort potentiel en géothermie profonde de moyenne énergie. En effet, de nombreux aquifères profonds (situés principalement dans les bassins sédimentaires) sont présents sur le territoire. Hormis le Bassin Parisien et dans une moindre mesure le Bassin Aquitain, la plupart des aquifères profonds sont actuellement inexploités en France alors qu'ils pourraient produire assez de chaleur pour des millions de logements.

## GÉOTHERMIE PROFONDE DE HAUTE ÉNERGIE

### • LES ZONES VOLCANIQUES

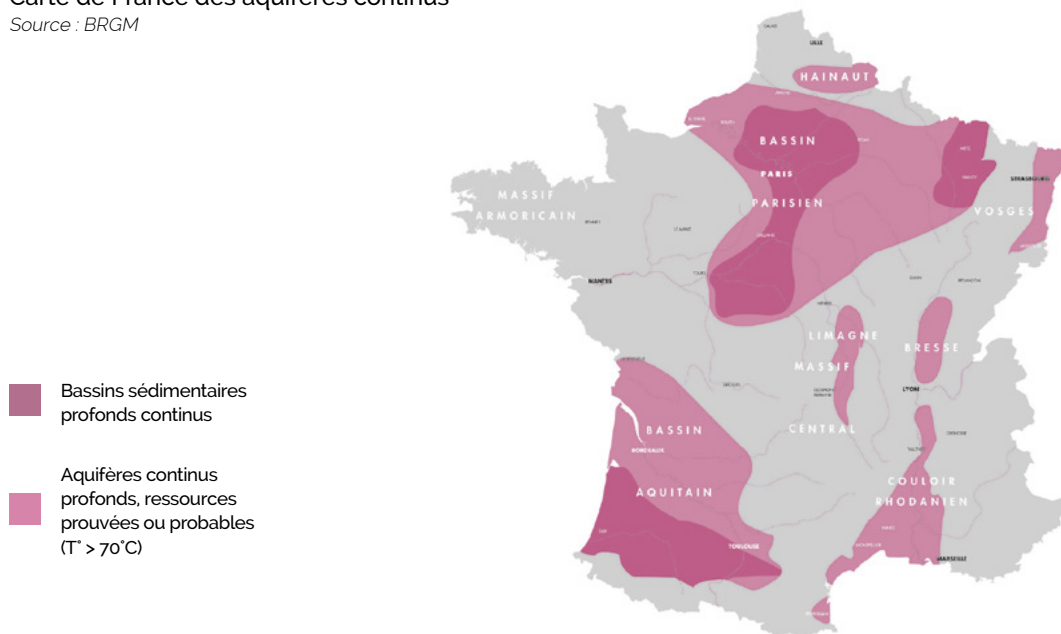
Les zones volcaniques peuvent enregistrer des températures allant jusqu'à 350 °C. En France, l'essentiel des gisements se situe dans les territoires d'outre-mer. Une centrale géothermique fonctionne à Bouillante en Guadeloupe. Les deux unités qui composent la centrale ont une capacité globale de 15,5 MW électriques. Elles sont alimentées en vapeur grâce à deux puits qui exploitent une eau à 250 °C prélevée à partir de forages compris entre 500 et 1 000 mètres de profondeur. Des zones potentiellement intéressantes ont également été identifiées en Martinique, à La Réunion et à Mayotte.

### • LES FOSSÉS D'EFFONDREMENT

En dehors des zones volcaniques, les fossés d'effondrement constituent aussi des zones favorables à la géothermie profonde. Ces vastes compartiments souterrains se sont affaissés après un bombement de la croûte terrestre et présentent des températures supérieures à 110 °C au-delà de 2 500 mètres. En France, ils se situent essentiellement dans les vallées du Rhin et du Rhône et dans le Massif central. Il existe une centrale de production de chaleur industrielle à Rittershoffen (Bas-Rhin) dans le fossé rhénan. Cette installation d'une capacité de 25 MW thermiques est constituée de deux forages à 2 500 mètres qui permettent d'utiliser une eau à près de 180 °C pour produire de la vapeur, chauffer de l'air et de l'eau sur un site industriel.

Carte de France des aquifères continus

Source : BRGM





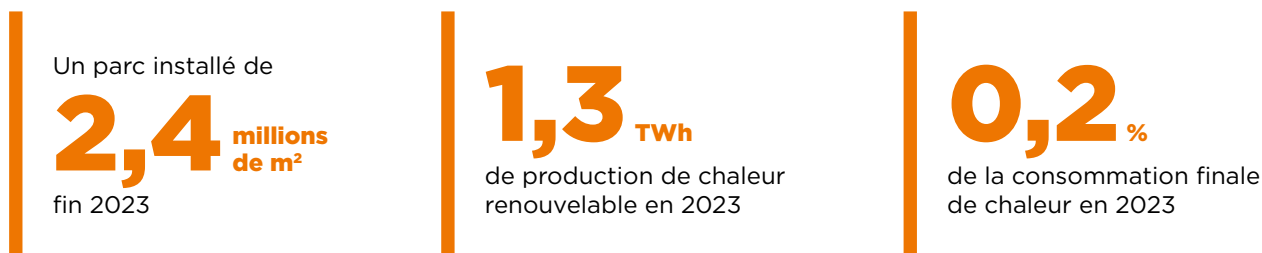
## 4. CHALEUR SOLAIRE

Le solaire thermique est une énergie renouvelable de production de chaleur à partir du rayonnement solaire. Les principales applications sont la production d'eau chaude sanitaire, le chauffage et le rafraîchissement de bâtiments d'habitation et tertiaires, ainsi que la production de chaleur pour l'industrie et les réseaux de chaleur.

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4.1. CHIFFRES CLÉS</b>                            | <b>35</b> |
| <b>4.2. PARC INSTALLÉ ET NOUVELLES INSTALLATIONS</b> | <b>35</b> |
| 4.2.1. Parc installé                                 | 35        |
| 4.2.2. Répartition régionale du parc                 | 36        |
| 4.2.3. Production de chaleur renouvelable            | 37        |
| 4.2.4. Nouvelles installations                       | 38        |
| <b>4.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS</b>               | <b>39</b> |
| 4.3.1. Définitions et typologies                     | 39        |
| 4.3.2. Atouts  | 39        |
| <b>4.4. EXEMPLE DE RÉALISATION</b>                   | <b>40</b> |
| → FOCUS SUR LE GISEMENT SOLAIRE EN FRANCE            | <b>40</b> |

Les ventes de systèmes solaires thermiques avaient très bien commencé l'année 2023 avec une progression sur tous les segments, très directement liée au marché de la rénovation. Mais elles se sont inscrites systématiquement en retrait à partir du mois de septembre 2023. L'atterrissage est négatif par rapport à 2022 pour les chauffe-eaux solaires individuels et les systèmes collectifs. Cette décroissance s'explique par le flou et la non stabilité des dispositifs d'aide. Seuls les systèmes solaires combinés (SSC) restent sur une touche optimiste affichant une croissance annuelle et un doublement de la surface de capteurs associée. Avec 2000 équipements installés en 2023, ce segment reste toutefois une niche de marché par rapport à celui de la chaudière biomasse ou de la pompe à chaleur individuelle.

## 4.1. CHIFFRES CLÉS<sup>1</sup>



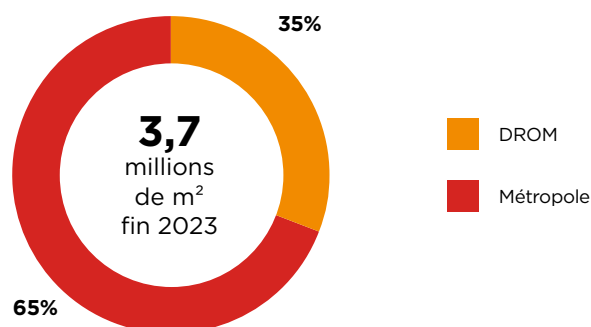
Avec 2,4 millions de m<sup>2</sup> de capteurs en fonctionnement, le solaire thermique a produit 1,3 TWh de chaleur renouvelable en France métropolitaine et couvre 0,2 % de la consommation finale de chaleur en 2023.

## 4.2. PARC INSTALLÉ ET NOUVELLES INSTALLATIONS

### 4.2.1. PARC INSTALLÉ

◆ Surface installée (millions de m<sup>2</sup>) de capteurs solaires thermiques fin 2023

Source : SDES, d'après Observ'ER et UNICLIMA



Fin 2023, 3,7 millions de m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques sont en service en France dont 1,3 millions de m<sup>2</sup> en Départements et régions d'Outre-mer (DROM).

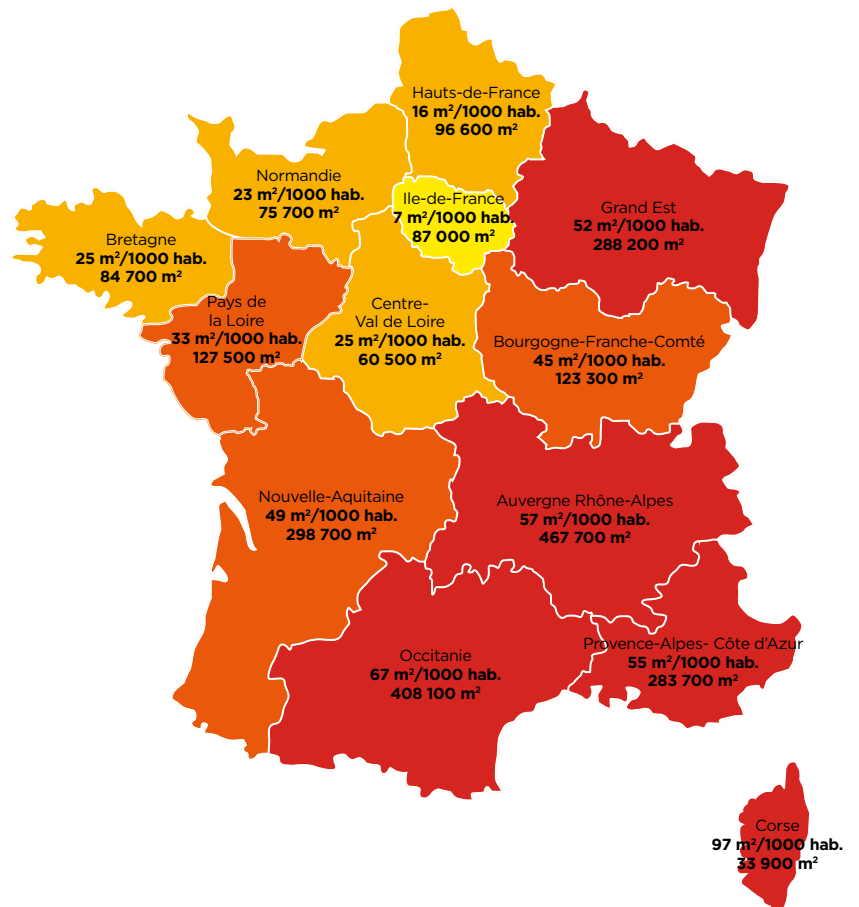
1. Les données présentées dans ce chapitre ont été consolidées par Observ'ER et UNICLIMA sur la base de données réelles et à l'aide de différentes hypothèses de calcul, et concernent la France métropolitaine et l'outre-mer. En revanche, les chiffres clés présentés dans cette partie ne concernent que la France métropolitaine.

## 4.2.2. RÉPARTITION RÉGIONALE DU PARC INSTALLÉ

### ◆ Répartition régionale de la densité des capteurs solaires thermiques en fonctionnement fin 2023 en métropole

Source : UNICLIMA, Observ'ER

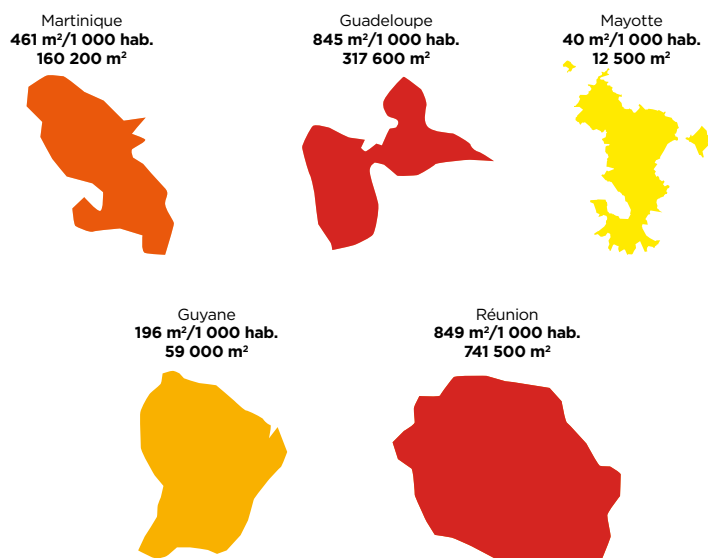
- Moins de 10 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants
- Entre 10 et 30 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants
- Entre 30 et 50 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants
- Plus de 50 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants



### ◆ Répartition régionale de la densité de capteurs solaires thermiques en activité fin 2023 en Outre-mer

Source : UNICLIMA, Observ'ER

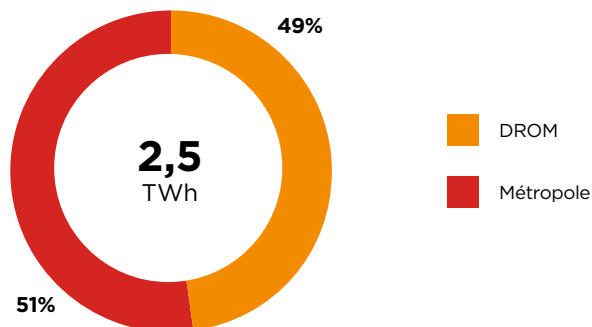
- Moins de 100 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants
- Entre 100 et 300 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants
- Entre 300 et 500 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants
- Plus de 500 m<sup>2</sup> pour 1 000 habitants



### 4.2.3. PRODUCTION DE CHALEUR RENOUVELABLE

◆ Production de chaleur renouvelable du parc en 2023 (en TWh)

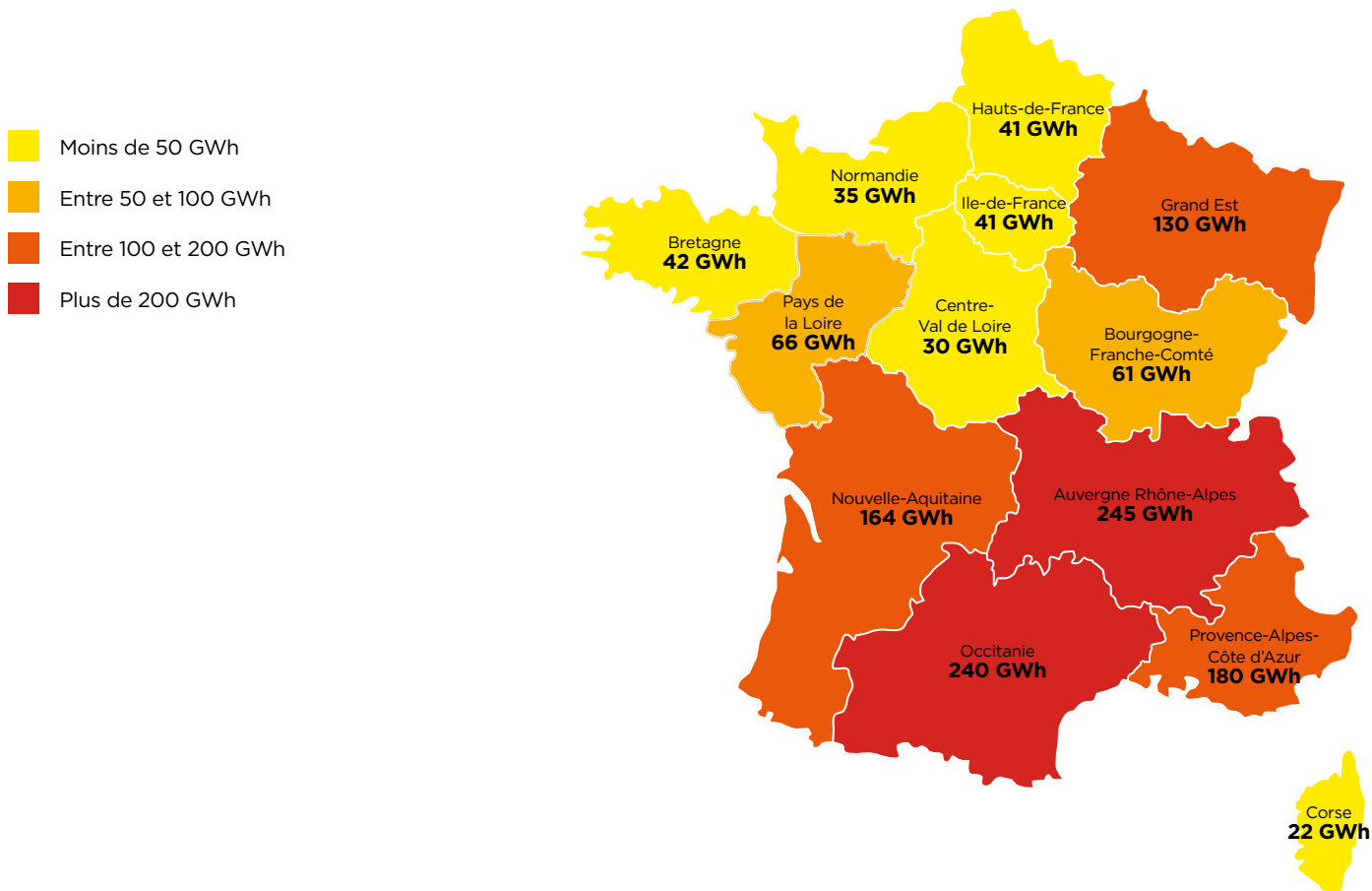
Source : UNICLIMA



En 2023, les DROM concourent à 49 % de la production de chaleur renouvelable des installations solaires thermiques alors qu'ils représentent 35 % de la surface totale installée de capteurs solaires en France.

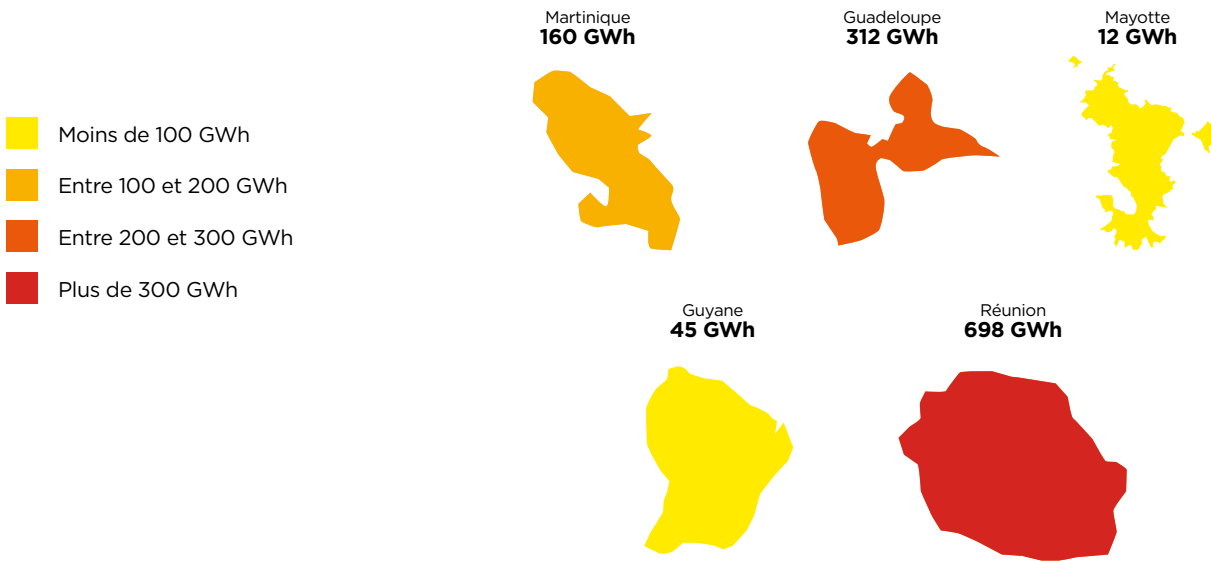
◆ Répartition régionale de la production de chaleur renouvelable du solaire thermique fin 2023 en métropole

Source : UNICLIMA, Observ'ER



◆ Répartition régionale de la production de chaleur renouvelable du solaire thermique fin 2023 en Outre-mer

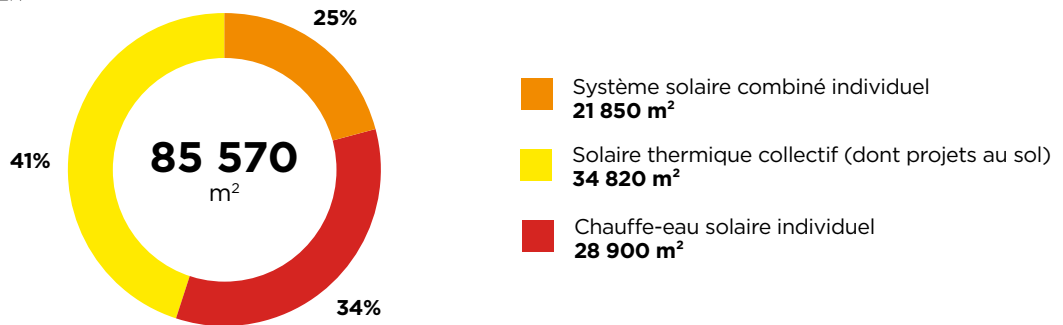
Source : UNICLIMA, Observ'ER



### 4.2.4. NOUVELLES INSTALLATIONS

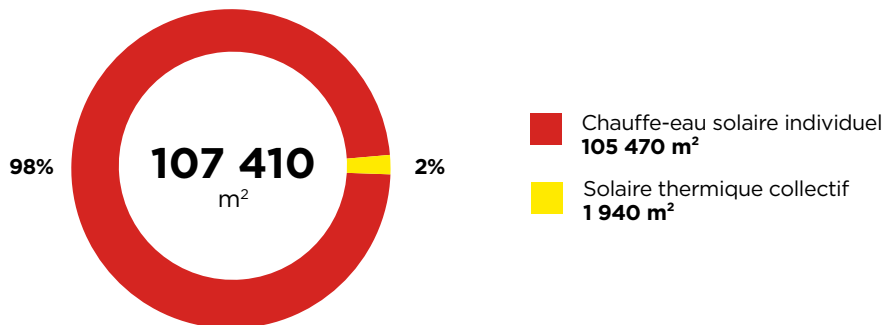
◆ Répartition des nouvelles installations de solaire thermique par technologie en métropole en 2023

Source : UNICLIMA, Observ'ER



◆ Répartition des nouvelles installations de solaire thermique par technologie en Outre-mer en 2022

Source : UNICLIMA, Observ'ER





## 4.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS

---

### 4.3.1. DÉFINITIONS ET TYPOLOGIES

---

Le solaire thermique regroupe différentes technologies de conversion du rayonnement solaire en chaleur. La chaleur est collectée au travers de capteurs solaires puis transportée par un fluide caloporteur et stockée dans un ballon pour des usages multiples : production d'eau chaude sanitaire, chauffage de bâtiments (logements, piscines, serres agricoles, etc.). D'autres applications de la chaleur solaire se développent pour les réseaux de chaleur et les process industriels et même pour la production de froid.

#### LE SOLAIRE THERMIQUE POUR LES BESOINS D'EAU CHAUDE ET DE CHAUFFAGE

- **Chauffe-eau solaire individuel (CESI)** : la chaleur récupérée par les panneaux solaires est transmise à un ballon qui permet de chauffer une partie de l'eau sanitaire d'une maison individuelle.
- **Chauffe-eau solaire collectif (CESC)** : le principe est le même que pour les systèmes individuels. L'application la plus courante est la production d'eau chaude sanitaire pour les logements collectifs ou les bâtiments tertiaires.
- **Système solaire combiné (SSC)** : en plus de chauffer un ballon d'eau chaude, le système combiné permet de chauffer directement un bâtiment en étant relié à un système de chauffage traditionnel en appoint.

#### LE SOLAIRE THERMIQUE DANS L'INDUSTRIE

Le solaire thermique est une solution de chaleur renouvelable adaptée à des nombreux procédés industriels consommateurs de chaleur, principalement pour des opérations de préchauffage ou de séchage. Les secteurs consommant de forts volumes d'eau chaude, comme les industries du lavage ou encore l'agro-alimentaire, sont des cibles privilégiées où la chaleur solaire peut intégrer les réflexions sur les trajectoires de décarbonation du mix énergétique.

#### LE SOLAIRE THERMIQUE SUR RÉSEAUX DE CHALEUR

Les installations solaires thermiques sur réseau de chaleur sont des solutions complémentaires aux solutions de récupération de chaleur et au bois-énergie, notamment pour des réseaux dont la chaudière est arrêtée ou peu utilisée en période estivale. Les installations se font avec des capteurs de grande dimension, où les dimensionnements les plus courants permettent de couvrir environ 80 % des besoins de chaleur en période estivale.

### 4.3.2. ATOUTS

---

La chaleur solaire présente de nombreux atouts. Elle permet :

- de remplacer efficacement les énergies fossiles par une énergie renouvelable disponible partout, tout en renforçant l'indépendance énergétique française.

**Avec 3,7 millions de m<sup>2</sup> de capteurs installés en France, la chaleur solaire permet d'éviter l'émission de 602 tonnes de CO<sub>2</sub> par an, en comparaison avec le chauffage au gaz<sup>2</sup>.**

- de garantir un coût de la chaleur stable sur le long terme.

Gratuite à l'usage, avec des équipements à longue durée de vie, l'énergie solaire permet de fournir de la chaleur pendant de nombreuses années avec des prix stables. Dans le secteur industriel, des modèles d'affaires en tiers-investissement permettent de bénéficier d'un MWh solaire compétitif dès la 1<sup>ère</sup> année.

- de consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois, notamment dans l'industrie française du solaire. La filière représente en France métropolitaine 1 500 emplois directs et indirects, pour une valeur ajoutée de plus de 1,5 milliard d'euros<sup>3</sup>.

La France un pays exportateur net de capteurs solaires thermiques.

---

2. Hypothèses du chauffage au gaz : rendement chaudière de 92% et émission de 0,227 kg CO<sub>2</sub>/kWh

3. Source : Etude EY & SER, Évaluation et analyse de la contribution des énergies renouvelables à l'économie de la France et de ses territoires, publiée le 12 juin 2020

## 4.4. EXEMPLE DE RÉALISATION

### De la chaleur solaire pour les piscines municipales de la communauté de communes Brionnais Sud Bourgogne (71)

Après une première installation qui avait donné entière satisfaction pendant 17 ans sur la commune de La Clayette, la communauté de communes a décidé de renouveler en 2024 l'ancienne installation et même d'équiper l'autre piscine sur la commune de Chauffailles.

Les capteurs utilisés pour le chauffage de piscine sont des capteurs non vitrés également appelés « capteurs moquette ». Durant la période d'ouverture de ces piscines extérieures (soit 4 mois de juin à septembre), une partie de l'eau des bassins, recyclée par le circuit de filtration, est dérivée vers les capteurs en période d'ensoleillement.

L'initiative Socol, soutenue par l'Ademe, est une plateforme gratuite qui met à disposition des professionnels et maîtres d'ouvrage toutes les informations nécessaires pour mener à bien un projet solaire thermique collectif. Socol a notamment édité un Guide sur la production de chaleur solaire pour les piscines collectives.

Plus d'info : [www.solaire-collectif.fr](http://www.solaire-collectif.fr).

#### CHIFFRES CLÉS :

- ◆ Surface de capteurs solaires thermiques : **456 m<sup>2</sup>** (La Clayette) **432 m<sup>2</sup>** (Chauffailles) ;
- ◆ Présence d'un appoint électrique pour chaque installation ;
- ◆ Production annuelle solaire :
  - La Clayette : **541 kWh par m<sup>2</sup>** de capteur, soit la valorisation de plus **246 000 kWh** d'énergie gratuite par saison ;
  - Chauffailles : **573 kWh par m<sup>2</sup>** de capteur, soit la valorisation de plus **260 000 kWh** d'énergie gratuite par saison.



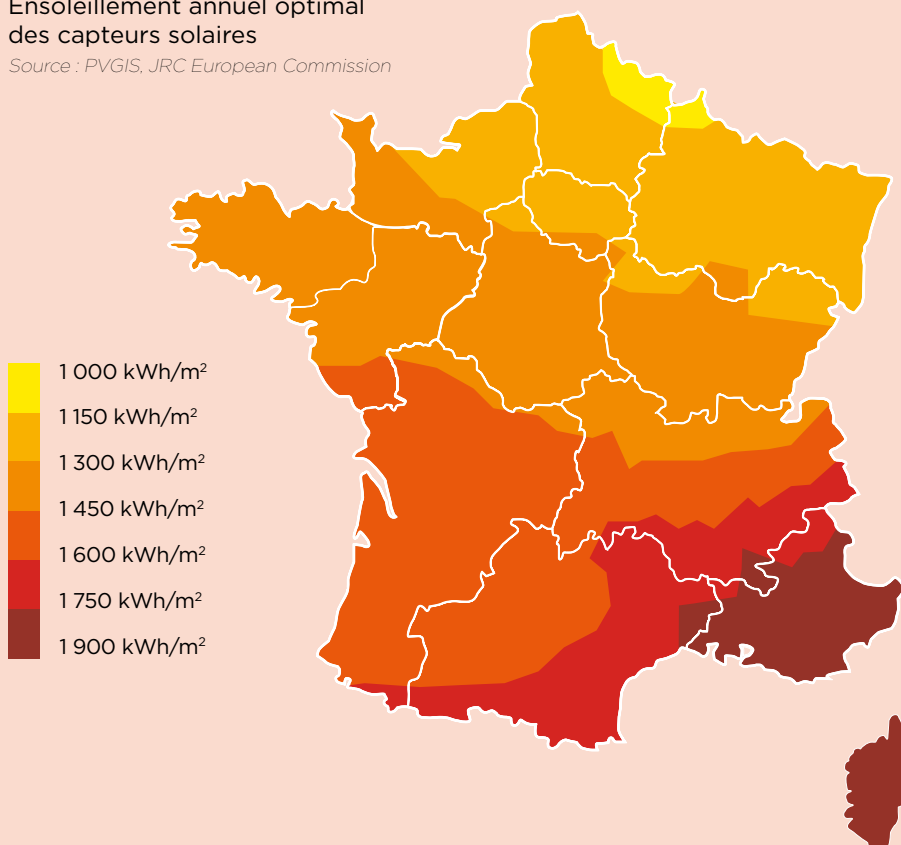
## FOCUS SUR LE GISEMENT SOLAIRE EN FRANCE

L'énergie solaire est facilement accessible et est exploitable sur tout le territoire français métropolitain et plus encore dans les territoires d'outre-mer. En métropole, l'irradiation solaire (c'est-à-dire la quantité d'énergie solaire reçue en 1 an sur 1 m<sup>2</sup>) varie en moyenne de 1 100 kWh/m<sup>2</sup> dans la moitié Nord à près de 1 900 kWh/m<sup>2</sup> dans le Sud.

La France est en tête des pays les plus ensoleillés d'Europe. Toutefois, tout le gisement solaire n'est pas encore exploité : fin 2022, la France arrive en 6<sup>ème</sup> position en terme de puissance solaire thermique installée, derrière l'Allemagne en tête puis la Grèce, l'Italie, l'Autriche et l'Espagne (EurObserv'ER, Baromètres solaire thermique et solaire thermodynamique 2023).

#### Ensoleillement annuel optimal des capteurs solaires

Source : PVGIS, JRC European Commission





## 5. GAZ RENOUVELABLES

Les gaz renouvelables sont produits à partir de matières organiques. En particulier, le biogaz et le biométhane issus de la méthanisation qui est le processus le plus mature à ce jour. Le biogaz peut être valorisé en chaleur seule (par combustion en chaudière), en électricité et en chaleur (par cogénération dans un moteur) ou être épuré sous forme de biométhane qui peut être injecté dans les réseaux de gaz naturel ou encore être utilisé comme biocarburant (BioGNV)..

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.1. CHIFFRES CLÉS</b>              | <b>42</b> |
| <b>5.2. PARC INSTALLÉ</b>              | <b>42</b> |
| 5.2.1. Caractéristiques du parc        | 43        |
| 5.2.2. Répartition régionale du parc   | 43        |
| <b>5.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS</b> | <b>44</b> |
| 5.3.1. Définitions et typologies       | 44        |
| 5.3.2. Atouts                          | 45        |
| <b>5.4. EXEMPLE DE RÉALISATION</b>     | <b>46</b> |



Initié en 2020, le projet de « portail méthanisation », dont le pilotage a été confié au Syndicat des énergies renouvelables (SER) par la DGEC à l'issue du groupe de travail ministériel sur la méthanisation, a été validé par les ministères de l'Agriculture et de la Transition écologique fin 2021. Le portail numérique, baptisé « MéthaFrance », a été mis en ligne début 2022, à l'occasion du Groupe National d'échanges sur le Biogaz. Élaboré par un comité de pilotage qui réunit de nombreux acteurs représentatifs de la filière, il doit permettre de renforcer la connaissance et l'appropriation de la méthanisation auprès du grand public (définition, fonctionnement, enjeux, emplois, etc.).

<https://www.methafrance.fr/>

## 5.1. CHIFFRES CLÉS

Un parc installé de

**1 899**

installations produisant  
des gaz renouvelables

fin 2023

**11,6** TWh

de production de chaleur  
renouvelable en 2023

**1,9** %

de la consommation finale  
de chaleur en 2023

À fin 2023, les 1 899 installations qui produisent des gaz renouvelables en France métropolitaine ont permis de produire 11,6 TWh de chaleur renouvelable<sup>1</sup>. Cette production couvre 1,9 % de la consommation finale de chaleur sur cette même année.

## 5.2. PARC INSTALLÉ<sup>2</sup>

Ce panorama recense toutes les installations qui produisent du biogaz/du biométhane (voir typologie en 5.3.1.) et qui les valorisent en chaleur directement (seule ou en cogénération) ou indirectement (par injection dans les réseaux de gaz).

1. Méthodologie de calcul de la production de chaleur renouvelable à partir des gaz renouvelables en 2024 issue de travaux SER & ADEME : Chaleur renouvelable issue de l'injection de biométhane dans les réseaux de gaz : le SER continue de comptabiliser la part de l'usage chaleur issue du biométhane injecté, qui connaît un fort dynamisme depuis plus de 10 ans. D'après le Panorama des gaz renouvelables 2023, du SER, Gaz et Territoires, GRDF, GRTgaz et de Teréga, ce sont 9,1 TWh PCS (= 8,2 TWh PCI) de biométhane qui ont été produits et injectés en 2023. Cette donnée est également celle de l'Observatoire du biométhane – Open Data Réseaux Énergies (ODRE), et reprise dans la publication annuelle « Chiffres clés des énergies renouvelables – édition 2024 » des services statistiques du Ministre de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques (le SDES). A cela, et selon l'Observatoire BioGNV – Open Data Réseaux Énergies (ODRE), l'ADEME et le SER ôte la consommation nationale de BioGNV en 2023 : à savoir consommation nationale de GNV en 2023 x % de BioGNV en 2023 = 4,6 TWh PCS (= 4,2 TWh PCI) x 29,4 % = 1,3 TWh PCS (= 1,2 TWh PCI). D'où une production de chaleur issue de l'injection de : 9,1 TWh PCS (8,3 TWh PCI) - 1,3 TWh PCS (= 1,2 TWh PCI) = 7,8 TWh PCS (= 7,1 TWh PCI). Chaleur renouvelable issue des installations de méthanisation en chaleur seule : selon la base de données SINOE de l'ADEME, 191 installations de méthanisation produisent et valorisent le biogaz dans une chaudière pour de la production de chaleur seule en métropole. L'ADEME et le SER observent une puissance thermique moyenne des chaudières de 478 kW ; dont le parc permet donc de produire 0,9 TWh PCS de production primaire de chaleur seule. Le rendement thermique moyen observé des chaudières étant de 90 %, la production de chaleur finale issue de ce parc est de 0,8 TWh PCS (= 0,7 TWh PCI). Chaleur renouvelable issue des installations de méthanisation en cogénération : l'ADEME et le SER retiennent la donnée du SDES qui est de 7,6 TWh PCI (= 8,1 TWh PCS) de consommation primaire de biogaz du parc en cogénération en 2023. Le rendement chaleur moyen observé des moteurs étant de 50 %, la production de chaleur finale issue de ce parc est de 4,1 TWh PCS (= 3,8 TWh PCI).

Pour les installations qui valorisent du biogaz en chaleur seule :

Source : SER, d'après « Observ'ER & ADEME, Chiffres clés du parc d'unités de méthanisation en France au 1er janvier 2024 », octobre 2024

Pour les installations qui valorisent du biogaz en cogénération :

Source : MTE - SDES « Stat-info n°619, Tableau de bord du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire : biogaz pour la production d'électricité – Quatrième trimestre 2023 »

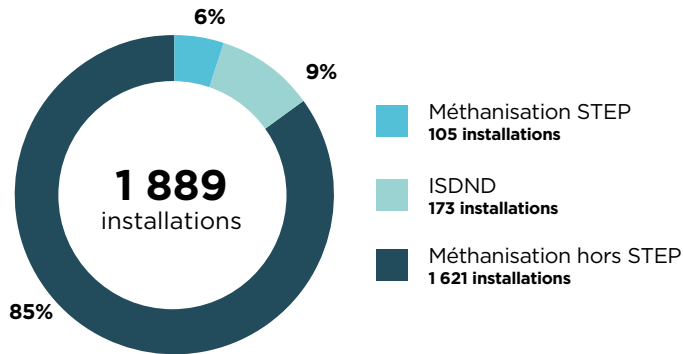
Pour les installations de production de biométhane injecté dans les réseaux de gaz naturel :

Source : Le « Panorama des gaz renouvelables en 2023 » du SER, , Gaz et Territoires, GRDF, GRTgaz et Teréga.

## 5.2.1. CARACTÉRISTIQUES DU PARC

◆ Répartition par typologie des installations produisant des gaz renouvelables en France métropolitaine au 31 décembre 2023

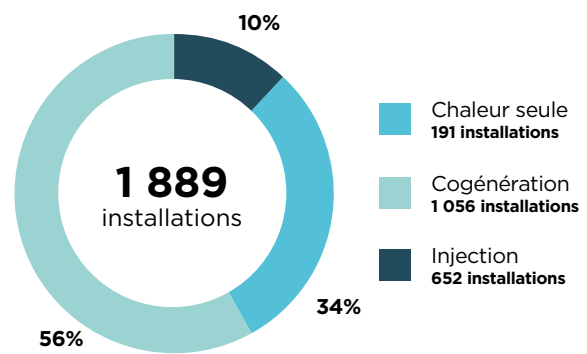
Source : SER, d'après ADEME-SINOE \*, et SDES



Fin 2023, le biogaz / biométhane est majoritairement produit dans des installations de méthanisation hors STEP<sup>3</sup>.

◆ Répartition par valorisation énergétique des installations produisant des gaz renouvelables en France métropolitaine au 31 décembre 2023

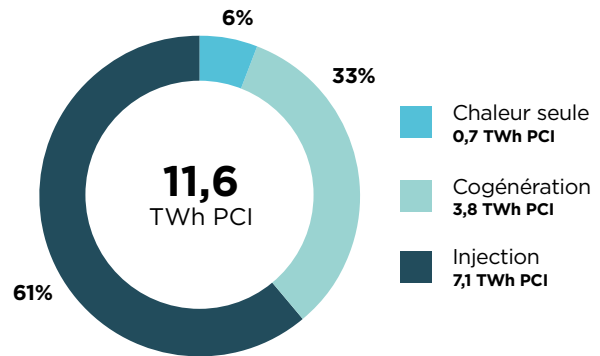
Source : SER, d'après ADEME-SINOE \*, et SDES



Fin 2023, un peu plus de la majorité des installations de production de biogaz sont en cogénération en France métropolitaine.

◆ Répartition de la production de chaleur issue des gaz renouvelables par valorisation énergétique en France métropolitaine au 31 décembre 2023

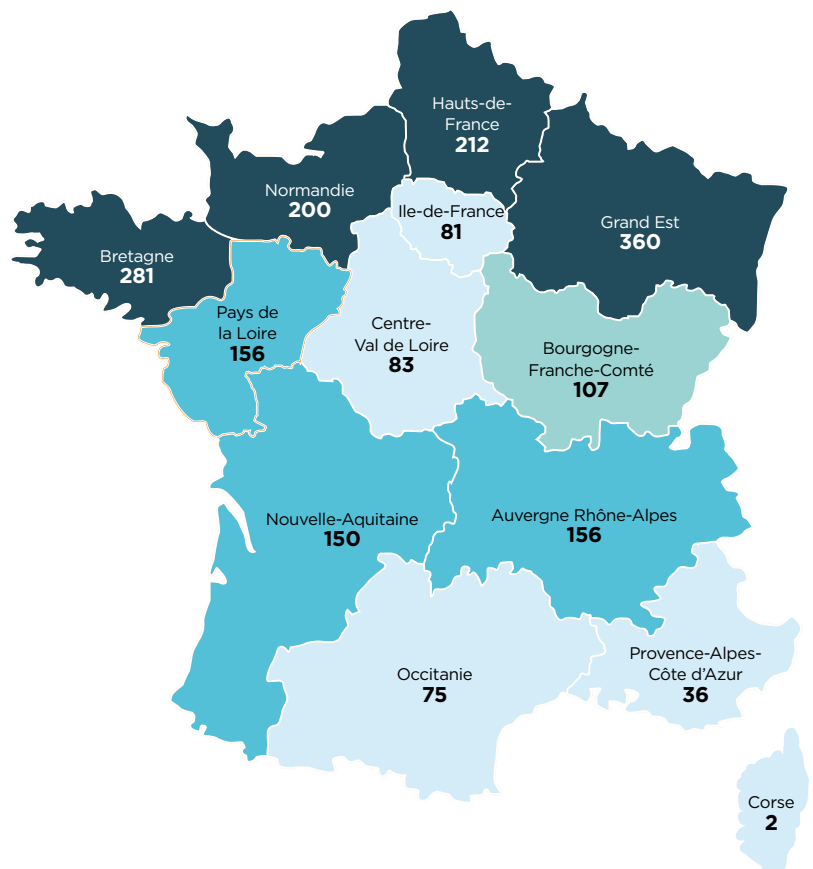
Source : SER, d'après ADEME, Observ'ER et SDES



## 5.2.2. RÉPARTITION RÉGIONALE DU PARC

◆ Répartition régionale des installations qui produisent de la chaleur à partir des gaz renouvelables en France métropolitaine au 31 décembre 2023

Sources : SER, d'après SDES, ADEME-SINOE \*



3. STEP = Station d'Épuration

ISDND = Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux

## 5.3. PARC INSTALLÉ

### 5.3.1. DÉFINITIONS ET TYPOLOGIES

La production de gaz renouvelables (biogaz, biométhane) par **méthanisation** est une filière mature en fort développement. La méthanisation est un processus biologique de dégradation de la matière organique par des micro-organismes, en conditions contrôlées et en l'absence d'oxygène.

#### TYPLOGIES DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION DE BIOGAZ / BIOMÉTHANE.

Il existe trois catégories d'installations : **méthanisation hors STEP**, **méthanisation STEP**, **ISDND**.



Site de méthanisation à Puisieux (51)

#### La méthanisation agricole autonome

- portée par un ou plusieurs exploitants agricoles ou par une structure agricole,
- qui méthanisent plus de 90 % des matières agricoles issues de la ou des exploitation(s) agricole(s).



Bioénergies

#### La méthanisation agricole territoriale

- portée par un agriculteur, un collectif d'agriculteurs ou par une structure agricole,
- qui méthanisent plus de 50 % de matières issues de la ou des exploitation(s) agricole(s),
- intégrant des déchets du territoire (industries, STEP, etc.).



Site de méthanisation à Château-Gontier (53)

#### La méthanisation industrielle territoriale

- portée par un développeur de projet ou par un ou plusieurs industriels,
- qui méthanisent des matières issues ou non d'exploitations agricoles,
- intégrant des déchets du territoire (industrie, STEP, etc.).



Site SEMAVERT à Vert-Le-Grand (91)

#### La méthanisation de déchets ménagers et biodéchets

- portée par une collectivité locale, un syndicat de traitement des déchets, un ou plusieurs industriels,
- qui méthanisent les biodéchets collectés sélectivement ou traitant la fraction organique des ordures ménagères triées en usine.

4. MéthaFrance Portail National de la Méthanisation « Les typologies des installations » : <https://www.methafrance.fr/la-methanisation-en-france/les-installations-de-methanisation>



Station d'épuration de Bourge Plus (18)

### La méthanisation de boues de stations d'épuration des eaux usées (STEP)

- portée par une collectivité locale, ou un industriel,
- qui méthanise les boues issues de la dépollution des eaux usées urbaines ou industrielles.



Centre d'enfouissement de Saint-Palais (18)

### Le biogaz des installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND)

Le biogaz produit naturellement dans les centres d'enfouissement (ISDND) par la décomposition de la fraction organique des déchets non dangereux est récupéré *via* des réseaux de captage.

## LES NOUVELLES VOIES DE PRODUCTION DE GAZ RENOUVELABLES

À moyen terme, de nouveaux procédés de production de gaz renouvelables vont se développer :

- **La pyrogazéification** transforme les déchets résiduels secs non fermentescibles souvent destinés à l'enfouissement ou l'incinération (bois en fin de vie, boues séchées, combustibles solides de récupération, etc.) pour produire du biométhane. Ce procédé produit également du biochar qui peut être utilisé comme un amendement pour améliorer les propriétés physiques des sols.
- **La gazéification hydrothermale** est un procédé thermo-chimique très innovant convertissant à haute pression et haute température des déchets organiques humides en un gaz de synthèse riche en méthane qui peut être injecté dans le réseau de gaz. Ce procédé permet, en plus, de récupérer des sels minéraux et de l'azote qui peuvent être transformés en fertilisants pour l'agriculture.
- **Le power-to-gas** permet d'utiliser les excédents de la production d'électricité renouvelable pour produire du méthane de synthèse (ou e-méthane), selon deux phases de production. La première phase vise à employer l'électricité renouvelable pour produire de l'hydrogène ( $H_2$ ) décarboné par électrolyse de l'eau. La deuxième phase, appelée méthanation, consiste à faire réagir l'hydrogène décarboné avec du dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) provenant de différents sites industriels (stations d'épuration, centres d'enfouissement, méthaniseurs, etc.), pour produire du méthane de synthèse ( $CH_4$ ) injectable dans le réseau de gaz naturel.

## 5.3.2. ATOUTS

**La méthanisation présente plusieurs atouts. Elle permet :**

- de produire du biogaz qui remplace efficacement les énergies fossiles par une énergie renouvelable, en répondant à une diversité de besoins énergétiques (chaleur, électricité, biométhane injecté, biocarburant-BioGNV), tout en renforçant l'indépendance énergétique française ;

**La production et l'injection de 9,1 TWh de biométhane dans les réseaux gaziers en 2023 représente à l'échelle française une réduction d'environ 1,7 million de tonnes de  $CO_2$ eq.<sup>5</sup>**

- de recycler et valoriser localement une grande diversité de déchets (effluents d'élevage, boues de station d'épuration, déchets ménagers, déchets verts, etc.) ;

5. Réduction de  $CO_2$  calculée sur la base d'une substitution du gaz naturel par le biométhane, d'un facteur d'émission de 227g  $CO_2$ eq/kWh PCI pour le gaz naturel (Source Base Carbone) et d'un facteur d'émission de 23,4g  $CO_2$ eq / kWh PCI pour le biométhane (Source Etude ENEA Quantis 2017).

- d'apporter une source de revenu complémentaire pour les agriculteurs. De plus, le digestat issu de la méthanisation peut être utilisé comme fertilisant qui remplace les engrais chimiques coûteux et dont la fabrication est fortement consommatrice d'énergie et d'eau ;
- de consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois en particulier en zones rurales.

La filière méthanisation représente plus de 800 millions d'euros de valeur ajoutée et plus de 10 000 emplois directs et indirects.<sup>6</sup>

## 5.4. EXEMPLE DE RÉALISATION

### L'installation de méthanisation Chassey Energie à Mutigney (39)

Lancé en 2016 et mis en service en 2019, un projet collectif innovant a vu le jour dans la commune de Mutigney, porté par huit exploitations agricoles désireuses de valoriser leurs effluents. Accompagnée par Opale Energies Engagées, cette initiative a abouti à la création d'une unité de méthanisation dotée d'un moteur de cogénération de 250 kW<sub>e</sub>, avec le soutien des élus locaux et de la Communauté de communes Jura Nord, qui détient une participation minoritaire dans la SAS du projet.

Produisant annuellement 2 075 MWh<sub>e</sub>, cette unité d'énergie renouvelable couvre les besoins électriques de 370 foyers des villages environnants. Le moteur de cogénération de 250 kW<sub>e</sub> permet de produire à la fois de l'électricité et de la chaleur renouvelables, utilisée pour sécher du bois bûche dans une entreprise locale, avec des rendements de 41 % pour l'électricité et 43 % pour la chaleur.



@Opale

#### CHIFFRES CLÉS :

- ◆ **10 900 tonnes** par an de déchets valorisés ;
- ◆ Puissance installée du moteur : **250 kW<sub>e</sub>** ;
- ◆ **Valorisation chaleur** : séchoir multi-activités ;
- ◆ Energie thermique valorisée : **1,9 GW<sub>th</sub>/an** ;
- ◆ Production électrique valorisée : **2 GWh<sub>e</sub>/an**.

« La démarche collective était pour nous très importante. Nous avons l'habitude de travailler ensemble, et ce lien nous a permis d'assurer un volume de matière conséquent, et de minimiser l'investissement de chacun d'entre nous. Au-delà de la cohésion sociale, c'est le territoire qui en bénéficie, et on peut noter des répercussions environnementales et sociales significatives, notamment avec la fin du stockage de fumier en bord de champs, préservant ainsi nos nappes phréatiques de la pollution. »

**Cyrille Jussiaux, Président de Chassey Energie**



@Opale

6. Source : « Etude EY & SER, Évaluation et analyse de la contribution des énergies renouvelables à l'économie de la France et de ses territoires », 12 juin 2020





## 6. VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DES DÉCHETS

La valorisation énergétique des déchets non dangereux par traitement thermique permet, dans le respect de la hiérarchie des modes de gestion des déchets, de valoriser la fraction non recyclable des déchets sous forme de chaleur et/ou d'électricité. La moitié de cette production d'énergie est considérée comme renouvelable, l'autre est dite de récupération.

|   |           |
|---|-----------|
| <b>6.1. CHIFFRES CLÉS</b>                                       | <b>48</b> |
| <b>6.2. PARC INSTALLÉ</b>                                       | <b>48</b> |
| 6.2.1. Unités de valorisation énergétique (UVE)                 | 48        |
| 6.2.2. Production de chaleur renouvelable et de récupération    | 49        |
| <b>6.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS</b>                          | <b>49</b> |
| 6.3.1. Définitions et typologies                                | 49        |
| 6.3.2. Atouts   | 52        |
| → FOCUS SUR LE GISEMENT DE COMBUSTIBLES SOLIDES DE RÉCUPÉRATION | 51        |
| <b>6.4. EXEMPLE DE RÉALISATION</b>                              | <b>52</b> |
| → FOCUS SUR LA CHALEUR FATALE                                   | 54        |

Dans un contexte de transition énergétique accélérée, les Unités de Valorisation Énergétique (UVE) occupent une place centrale en répondant au double enjeu de gestion des déchets et de production d'énergie renouvelable. La filière connaît un développement continu, soutenu par l'innovation technologique et l'évolution des réglementations environnementales. Parmi les atouts de la chaleur fatale issue des UVE, la stabilité et la disponibilité en continu de sa production renforcent la résilience de nos systèmes énergétiques.

Les perspectives de croissance sont prometteuses et nécessaires, avec des synergies croissantes entre les UVE et les réseaux de chaleur, tant pour les collectivités que pour les industriels, ainsi que pour l'extension du captage de CO<sub>2</sub> et la production d'hydrogène vert. Chaque tonne de déchet valorisée permet de transformer une contrainte en ressource, contribuant à un modèle d'économie circulaire et offrant une solution pour le traitement des déchets non valorisables autrement.

La filière se positionne donc comme un levier incontournable pour atteindre les objectifs climatiques européens et nationaux, tout en garantissant un service public essentiel dans la gestion des déchets sur les territoires. Face aux défis environnementaux, les UVE sont et resteront des acteurs clés dans les stratégies énergétiques locales et nationales, au service de l'économie décarbonée et circulaire de demain.

## 6.1. CHIFFRES CLÉS<sup>1</sup>



En France métropolitaine, 114 installations de valorisation énergétique de déchets non dangereux ont produit 12 TWh de chaleur renouvelable et de récupération en 2023, ce qui représente 1,9 % de la consommation finale de chaleur.

## 6.2. PARC INSTALLÉ

### 6.2.1. UNITÉS DE VALORISATION ÉNERGÉTIQUE (UVE)

Fin 2023, 118 usines d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) sont en service en France, 116 sur le territoire métropolitain et 2 en Outre-mer (une à Saint-Barthélemy et une en Martinique).

En métropole, 114 unités (UVE) récupèrent et valorisent de l'énergie à partir du traitement thermique des déchets non dangereux en produisant de la chaleur seule ou en cogénération.

1. Les données présentées dans ce chapitre ont été consolidées par la FEDENE sur la base de données réelles et à l'aide de différentes hypothèses de calcul. Elles concernent la France métropolitaine. Certaines données sont également fournies pour les installations en outremer.

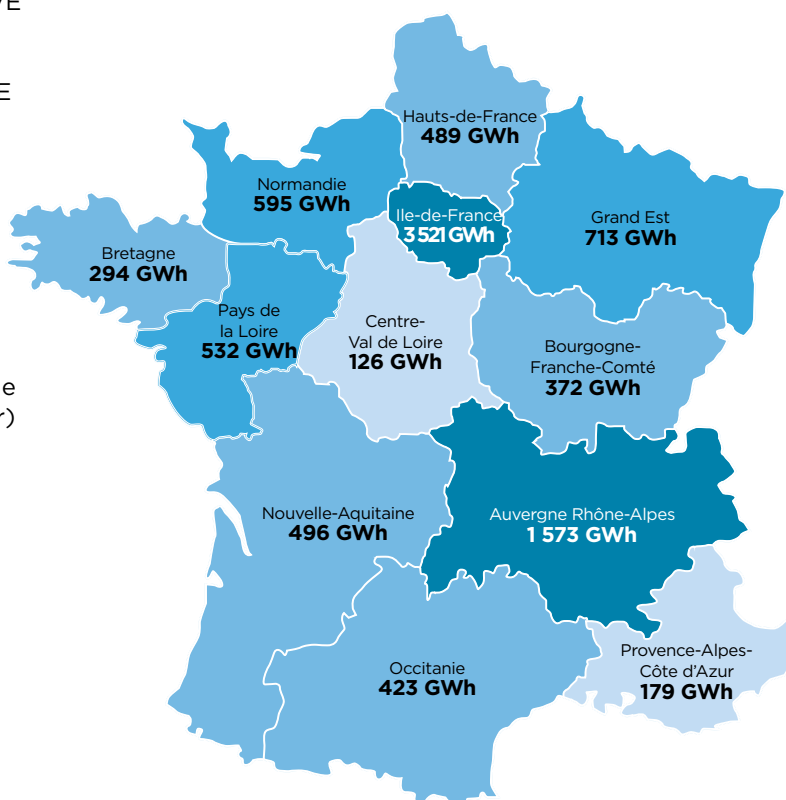
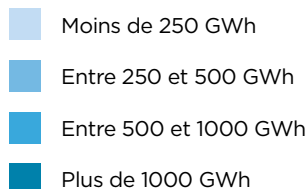
## 6.2.2. PRODUCTION DE CHALEUR RENOUVELABLE ET DE RÉCUPÉRATION<sup>2</sup>

La production d'énergie thermique totale des UVE en métropole s'élève à 12 TWh en 2023.

La production d'énergie thermique issue des UVE dans les DROM s'élève à 42 GWh à fin 2023.

◆ Répartition régionale de la chaleur renouvelable et de récupération (livrée aux réseaux de chaleur) issue des unités de valorisation énergétique en France métropolitaine en 2023

Source : L'enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid. FEDENE-SNCU 2024



## 6.3. CARACTÉRISTIQUES ET ATOUTS

### 6.3.1. DÉFINITIONS ET TYPOLOGIES

La valorisation énergétique des déchets consiste à opérer une combustion maîtrisée de la fraction résiduelle des déchets ménagers et assimilés qui n'a pu être valorisée sous forme matière ou organique, dans des fours adaptés à leurs caractéristiques physico-chimiques.

Lorsque l'énergie dégagée par cette combustion est récupérée sous forme de chaleur et/ou d'électricité, on parle alors de valorisation énergétique. Selon la réglementation européenne, on ne parle de valorisation énergétique des déchets que lorsque cette récupération d'énergie (énergie valorisée par tonne de déchet traitée) dépasse un certain seuil appelé R1.

50 % de l'énergie produite à partir des déchets urbains sont considérés comme renouvelables, les 50 % restants étant qualifiés de récupération (article L 211-2 du code de l'énergie, en conformité avec la directive européenne 2018/2001 relative aux énergies renouvelables). Une étude menée par la filière, co-financée par l'ADEME, a permis de mettre en exergue un taux d'énergie renouvelable supérieur – 55% en moyenne – sur la base des mesures réalisées sur 10 usines traitant autour de 2,2 Mt d'ordures ménagères.

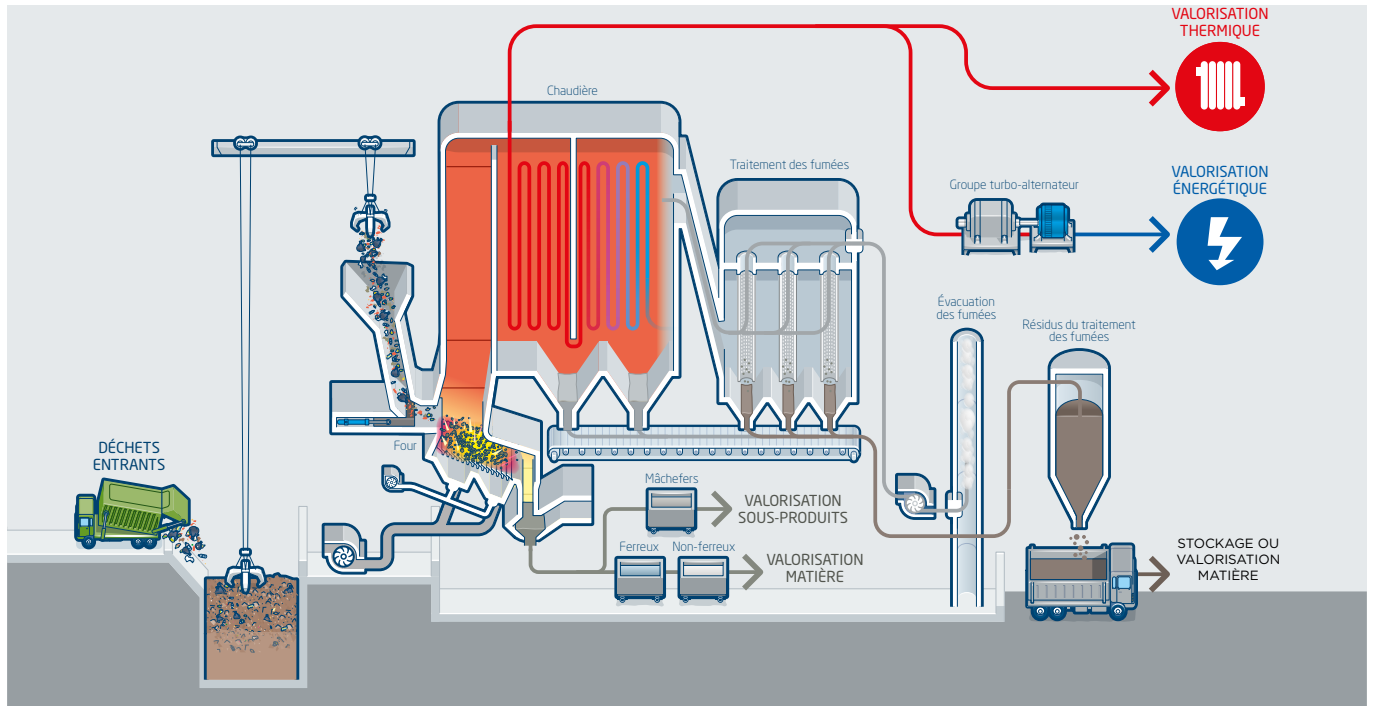
La valorisation énergétique des déchets ménagers non recyclables fait l'objet d'une surveillance et d'un encadrement par une réglementation draconienne. Cette dernière encadre notamment le traitement des fumées et des résidus de traitement et impose le respect strict de valeurs limites d'émissions très basses.

<sup>2</sup> La valorisation d'énergie thermique des UVE prend en compte la part autoconsommée en plus de la part vendue. 50 % de cette production de chaleur est réglementairement considérée comme renouvelable, les 50 % restants sont qualifiés de chaleur de récupération (selon l'article L211-2 du code de l'énergie).

La récupération d'énergie issue de la combustion des déchets peut être valorisée sous trois formes :

- la récupération d'énergie sous forme de vapeur (ou d'eau chaude) avec production de chaleur seule pour alimenter un réseau de chauffage urbain ou des sites industriels ;
- la récupération d'énergie sous forme d'électricité ;
- la valorisation en cogénération avec production de chaleur et d'électricité.

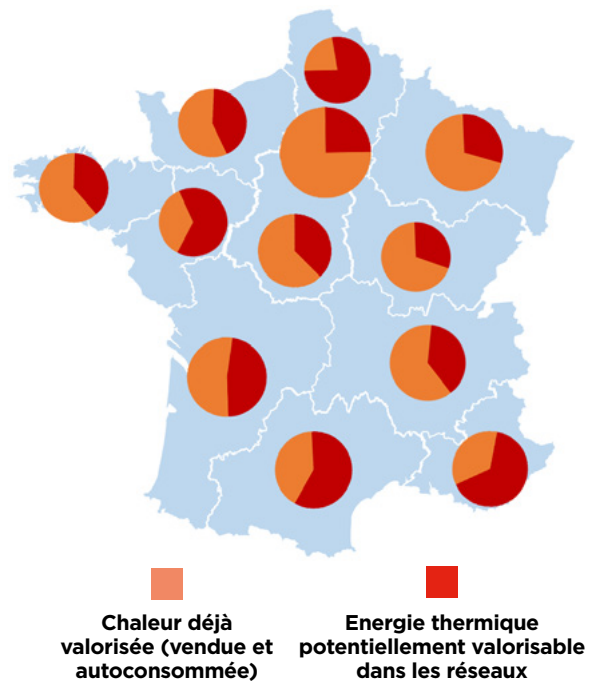
**Exemple d'usine de valorisation énergétique des déchets par cogénération :**



Source : TIRU, filiale du groupe Paprec-Energies

Fin 2021, **92 UVE sont raccordées à un ou plusieurs réseaux de chaleur** sur le total des 116 installations traitant des déchets non dangereux sur le territoire métropolitain (source : Fedene). Il reste donc un potentiel de création, d'extension ou de verdissement des réseaux de chaleur et de froid à proximité d'une quarantaine de sites non raccordés et de certains sites déjà raccordés.

Une étude menée par la filière a permis d'estimer le gisement de chaleur supplémentaire issue des unités de valorisation énergétique des déchets (UVE) qui pourrait être capté et valorisé dans les réseaux de chaleur et de froid : ce gisement a été évalué à 8 TWh/an à l'horizon 2030, à parc d'installations équivalent.



Source : SVDU - SNZE, 2020

La production d'énergie des UVE pourrait en effet être plus importante, grâce à une valorisation de la **chaleur fatale** non utilisée et au développement de la production de chaleur issue de la valorisation énergétique de combustibles solides de récupération (CSR). Ceci constitue un atout certain d'attractivité des territoires pour attirer des industriels et favoriser le développement des réseaux de chaleur ou de froid.



Au-delà des unités de valorisation énergétiques des déchets existantes pour les déchets ménagers résiduels et assimilés, les combustibles solides de récupération (CSR) constituent un mode de traitement des déchets plus vertueux que le stockage pour les déchets qui ne peuvent être recyclés. La création de **chaudières CSR** permettant de décarboner les mix de chaleur est une solution particulièrement adaptée pour des utilisateurs industriels. C'est pourquoi le Plan de relance de l'économie de 2020/2021 a mis en place un dispositif spécifique de soutien à la chaleur bas carbone industrielle, qui a permis d'accompagner les entreprises industrielles dans l'utilisation de sources de chaleur moins émettrices de CO<sub>2</sub>, comme la biomasse ou les combustibles solides de récupération (CSR).

Cette utilisation des CSR s'inscrit dans l'objectif d'accompagnement de la filière de traitement de déchets et des collectivités pour se conformer aux objectifs de la loi de Transition énergétique pour la croissance verte qui fixait un objectif de réduction de 50% des apports en installation de stockage de déchets non dangereux en 2025. La valorisation des CSR offre en outre un exutoire contribuant à l'atteinte de 70% de valorisation énergétique des déchets qui n'ont pas pu faire l'objet d'une valorisation matière (cf. Loi AGEC).

## FOCUS SUR LE GISEMENT DES COMBUSTIBLES SOLIDES DE RECUPERATION

Les combustibles solides de récupération (CSR) sont des déchets non recyclables tels que bois, plastiques, caoutchoucs, papiers, cartons ou tissus en mélange. Ils proviennent de refus de tri des déchets d'activités économiques (DAE), de refus de tri de collectes séparées des emballages, de déchets du bâtiment et d'encombrants de déchèteries non recyclables, ou encore de refus de compostage ou de méthanisation<sup>4</sup>.

En 2021, 370k tonnes de CSR ont été consommées en France : 60k tonnes par des chaudières dédiées (près de 150 GWh) et 310kt par l'industrie cimentière (source : SFIC - CSF Construction). Environ 70 kt de CSR ont été exportées auprès de cimenteries européennes faute de débouchés suffisants en France (source : FEDEREC).

On estime à 2,5 Mt le potentiel de production de CSR à horizon 2025 dont 1Mt seront destinés à la décarbonation de l'industrie cimentière. Il est donc nécessaire de développer des capacités complémentaires permettant de traiter jusqu'à 1,5 Mt par an d'ici 2025 dans des chaudières dédiées CSR (source : Plan national déchets 2025, PPE et SVDU). A horizon 2030, le potentiel est estimé à 10 TWh (source CME).

4. ADEME, Déchets Chiffres-clés : L'essentiel 2018

## 6.3.2. ATOUTS

La valorisation énergétique des déchets non recyclables présente plusieurs avantages. Elle permet :

- de remplacer efficacement les énergies fossiles par une énergie renouvelable et de récupération à la maturité prouvée, et ce faisant, de renforcer l'indépendance énergétique et la décarbonation des territoires ;

**Grâce à la valorisation énergétique des déchets, ce sont en moyenne 2,3 millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> évitées chaque année<sup>5</sup> en substitution aux énergies fossiles importées.**

- de contribuer à des boucles d'économie circulaire, d'une part en valorisant énergétiquement des déchets qui n'ont pu trouver de débouchés sous forme matière ou organique, et d'autre part en valorisant les mâchefer en technique routière ;
- de contribuer au verdissement des réseaux de chaleur, aussi bien pour le chauffage que pour le refroidissement ;
- de décarboner l'énergie consommée par les industries calo-intensives, en substituant les énergies fossiles (charbon, gaz, pétrole) par des déchets non recyclables (CSR, bois B) ;
- de réduire la dépendance de la France vis-à-vis des énergies fossiles et de réduire son exposition aux variations des cours mondiaux de ces dernières ;
- de créer des emplois non délocalisables et à fort niveau de compétence technique.

La filière représente environ 4 500 ETP directs actuellement, avec une perspective de création d'emplois directs d'environ +10 % sur les 5 prochaines années grâce au développement de la filière combustibles solides de récupération (CSR) et à la modernisation du parc des unités de valorisation énergétique (UVE).

## 6.4. EXEMPLE DE RÉALISATION

### Exemple de réalisation : Unité de Valorisation Énergétique de Villers-Saint-Paul (60)

L'Unité de Valorisation Énergétique (UVE) de Villers-Saint-Paul, exploitée par IDEX pour le compte du Syndicat Mixte du Département de l'Oise (SMDO), est un projet stratégique pour les 20 prochaines années. Il s'inscrit dans une démarche ambitieuse de modernisation des infrastructures énergétiques locales, axée sur la valorisation des déchets et l'optimisation de la production d'énergie.

Cette installation joue un rôle central dans la gestion durable des déchets du territoire. En transformant les déchets ménagers et assimilés en énergie verte, l'UVE offre une solution à la fois écologique et économique pour les collectivités locales, permettant au SMDO d'atteindre une autonomie complète en matière de gestion des déchets.

#### CHIFFRES CLÉS :

- ◆ **13 500 foyers** alimentés grâce à l'extension des réseaux de chaleur, contre **4 400** aujourd'hui ;
- ◆ L'ajout d'une troisième ligne permettant de traiter **80 000 tonnes** de déchets à haut pouvoir calorifique par an portera la capacité totale à **258 500 tonnes** annuelles en 2025, contre **180 000 tonnes** actuellement, tout en assurant la suppression quasi-totale de l'enfouissement des déchets ménagers et assimilés dans le département de l'Oise ;
- ◆ Alimentation de la plateforme chimique en vapeur.

5. Selon la méthodologie de l'ADEME, avec les hypothèses suivantes : un rendement énergétique des chaudières gaz de 90% et un facteur d'émission du gaz naturel en combustion de 0,187tCO<sub>2</sub>/MWh PCI.



### Un modèle de gestion intégré et performant

L'UVE de Villers-Saint-Paul se distingue par son haut niveau de performance environnementale. Le projet s'inscrit dans une logique d'amélioration continue de l'efficacité énergétique, en ligne avec les exigences réglementaires et les objectifs du SMDO. La chaleur produite alimente non seulement la plateforme chimique voisine, mais également quatre communes de l'agglomération creilloise : Nogent-sur-Oise, Montataire, Creil et Villers-Saint-Paul.

Outre la production de chaleur, le site génère de l'électricité verte injectée dans le réseau national et utilisée pour alimenter les lignes de tri de la collecte sélective. Ce modèle de cogénération permet d'atteindre des rendements énergétiques optimaux, en accord avec les principes de développement durable et d'économie circulaire.

### Un engagement fort pour l'environnement et l'innovation

L'UVE est également au cœur de projets innovants visant à optimiser ses performances environnementales. Parmi ces initiatives : la modernisation des systèmes de traitement des fumées, l'augmentation des capacités ferroviaires avec l'ajout d'une troisième voie et la création d'un port fluvial sur l'Oise, en lien avec le projet du Canal Seine-Nord Europe. Ces infrastructures faciliteront l'évacuation des mâchefers et l'exportation des matières issues du centre de tri voisin.

Ce projet incarne une coopération exemplaire entre acteurs publics et privés, plaçant la transition énergétique et la valorisation des ressources locales au centre de leurs priorités.

*« Les avancées environnementales de ce futur contrat, grâce aux exigences exprimées par le Syndicat, vont permettre une quasi-disparition de l'enfouissement sur le territoire du Syndicat Mixte du département de l'Oise (SMDO). Par ailleurs, la chaleur fatale produite par l'unité de valorisation énergétique se substituera aux combustibles fossiles pour verdir les réseaux de chaleur de l'agglomération creilloise, ce qui s'inscrit parfaitement dans la démarche de transition écologique du territoire. Enfin, ce site sera exemplaire sur le plan environnemental, avec une double desserte ferroviaire et fluviale. Ce contrat permet ainsi au SMDO de bénéficier de manière durable, dès 2022, d'une nette diminution de son coût à la tonne de valorisation des déchets résiduels (environ 25%), avec un taux d'endettement très raisonnable. »*

#### **Philippe MARINI**

**Président du SMDO depuis 1996, Maire de Compiègne, Sénateur Honoraire de l'Oise, initiateur du projet avec Jean-Claude Villemain, président de l'Agglomération creilloise.**



# FOCUS SUR LA CHALEUR FATALE

Certaines activités ou installations produisent de la chaleur sans que celle-ci n'en constitue la finalité. Cette production involontaire et inéluctable est appelée chaleur « perdue » ou « fatale ». La récupération de la chaleur fatale peut être une solution efficace d'économies d'énergie et de réduction des émissions de GES : la chaleur récupérée peut être réutilisée pour diminuer la consommation d'énergie du site émetteur, ou bien valorisée par une autre installation ou *via* un réseau de chaleur.

## QUELLES SONT LES SOURCES DE CHALEUR FATALE ?

Les sources de chaleur fatale sont multiples et variées. Il peut s'agir notamment des rejets thermiques issus des fumées, chaudières ou séchoirs dans les sites de production d'énergie (centrales nucléaires, centrales thermiques) ou les sites de production industrielle, les stations d'épuration des eaux usées (STEP) ou les unités d'incinération des ordures ménagères (UIOM). La déperdition thermique dans les data center ou les bâtiments tertiaires, comme les hôpitaux, constitue également une source de chaleur fatale.

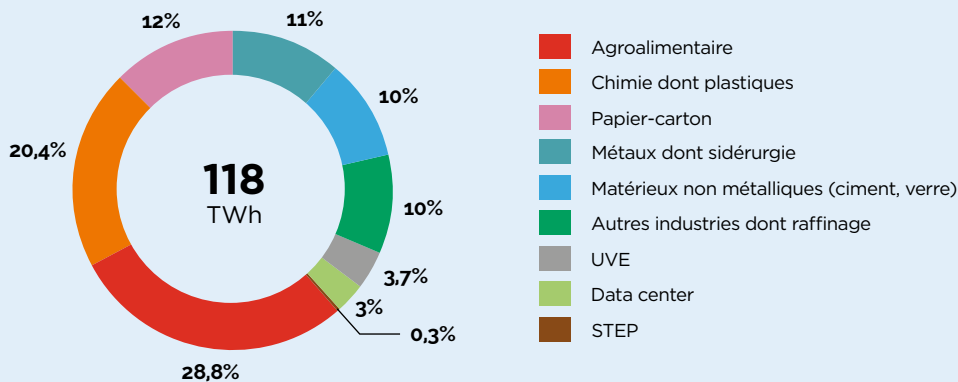
## QUEL EST LE GISEMENT DE CHALEUR FATALE ?

En France, l'ADEME a estimé le gisement de chaleur fatale à 118 TWh/an en 2015, dont 110 TWh proviennent de sites industriels. Le secteur de l'agroalimentaire représente à lui seul près de 29 % du gisement total tandis que la chimie dont la production de plastique représente environ 20 %. L'industrie papier-carton, des métaux (dont la sidérurgie), et des matériaux non métalliques (ciment, verre) constituent respectivement 12 %, 11 % et 10 % du gisement national.

Les 8 TWh restants du gisement national évalué par l'ADEME proviennent principalement des UIOM (4,4 TWh), des data center (3,6 TWh) et marginalement des STEP (0,4 TWh).

### ◆ Gisement estimé de la chaleur fatale en France

Source : SER d'après ADEME, *Faits et chiffres : la chaleur fatale, 2017*



## QUELLE PART DE LA CHALEUR FATALE EST VALORISÉE ?

L'ADEME estime que 18,3 TWh de chaleur fatale ont été valorisés en France en 2021, soit 15,5 % du gisement national<sup>1</sup>. Pour soutenir les investissements dans les projets de récupération de chaleur fatale, plusieurs dispositifs ont pu être mobilisés comme le Fonds Chaleur de l'ADEME, le Fonds Décarbonation de l'Industrie (FDI), ou les Certificats d'Economies d'Énergie (CEE).

1. ADEME, Récupération de chaleur fatale, 2022





## 7. LES RÉSEAUX DE CHALEUR ET DE FROID : DES VECTEURS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RÉCUPÉRATION DANS LES TERRITOIRES

Ancrés au cœur des territoires, les réseaux de chaleur et de froid valorisent l'ensemble des énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) locales pour répondre à des besoins locaux. Ils utilisent en tout premier lieu des EnR&R locales telles que la chaleur qui vient des unités de valorisation énergétique des déchets ménagers (UVE), des géothermies, du bois-énergie, du solaire thermique ou encore la chaleur fatale issue d'industrie, de datacenters ou d'eau usées.

De ce fait, les réseaux de chaleur et de froid sont des agrégateurs multi-énergies qui fournissent de la chaleur ou du froid bas carbone tout en contribuant efficacement à la lutte contre la précarité énergétique grâce à une tarification compétitive et stable sur la durée, notamment en raison du faible impact sur leurs tarifs des fluctuations des marchés des énergies fossiles.

---

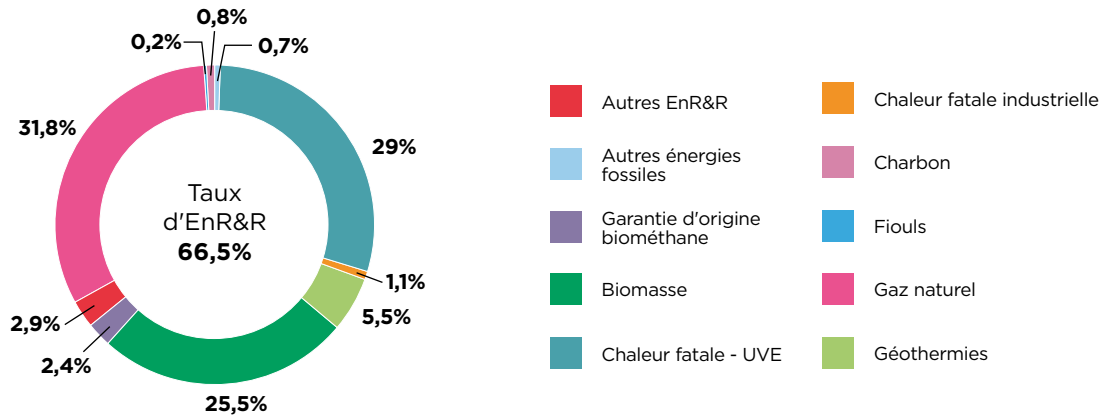
|   |           |
|---|-----------|
| <b>7.1. CARACTÉRISTIQUES ET ENJEUX DES RÉSEAUX DE CHALEUR</b>     | <b>56</b> |
| <b>7.2. CARACTÉRISTIQUES ET ENJEUX DES RÉSEAUX DE FROID</b>       | <b>57</b> |
| <b>7.3. CARACTÉRISTIQUES ET ENJEUX DES BOUCLES D'EAU TEMPÉRÉE</b> | <b>58</b> |
| <b>7.4. EXEMPLES DE RÉALISATION</b>                               | <b>59</b> |
| <b>→ FOCUS SUR LE STOCKAGE THERMIQUE</b>                          | <b>60</b> |

# 7.1. CARACTÉRISTIQUES ET ENJEUX DES RÉSEAUX DE CHALEUR

Les réseaux de chaleur distribuent de la chaleur sous forme d'eau chaude ou de vapeur d'eau *via* des canalisations installées en voirie, similairement aux canalisations d'eau potable, et livrent cette chaleur directement aux usagers au niveau de leur bâtiment.

## ◆ Bouquet énergétique des réseaux de chaleur en 2023

Source : EARCF, édition 2024

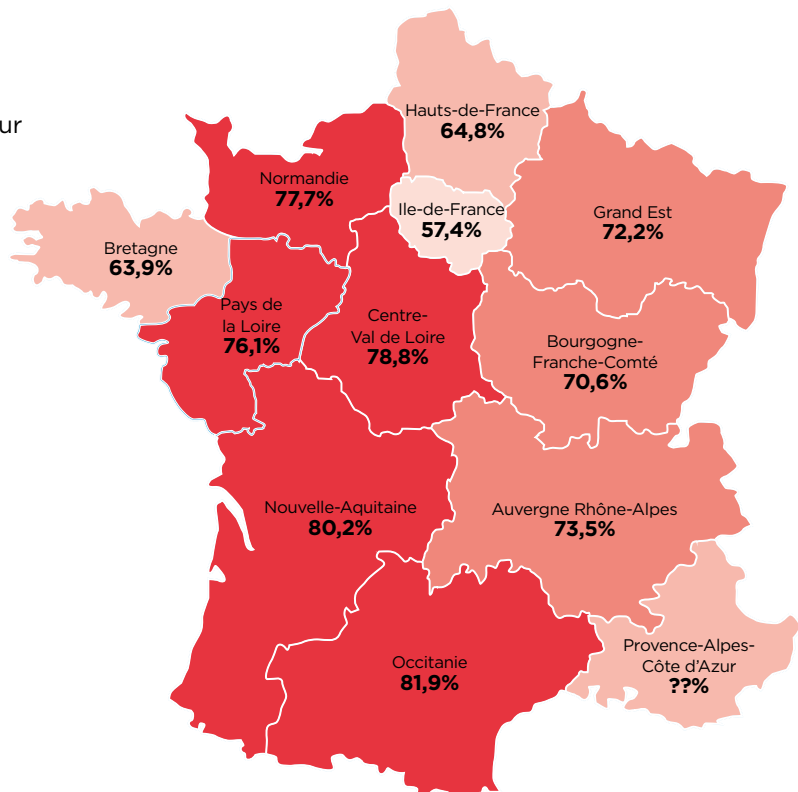
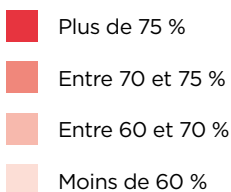


La France dispose de 1 000 réseaux de chaleur qui ont livrés en 2023 près de 29 TWh de chaleur - corrigés des climatiques - à plus de 50 000 bâtiments. L'énergie livrée à ses bâtiments est composée à plus de 66 % d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R). A horizon 2030, la LTECV fixe un objectif ambitieux aux réseaux de chaleur : livrer 39,5 TWh de chaleur issue d'EnR&R. En 2023, ces livraisons corrigées de la rigueur climatique ont atteint 19,4 TWh<sup>1</sup>.

Les réseaux de chaleur jouent un rôle essentiel dans la valorisation des EnR&R au niveau local en France. Ainsi, le mix énergétique et le dynamisme de développement des réseaux de chaleur varient selon les régions. L'Île-de-France, l'Auvergne-Rhône-Alpes et le Grand Est sont les régions dont les territoires sont le plus desservis par des réseaux de chaleur. Ils concentrent à eux trois 66% des livraisons de chaleur et pratiquement la moitié des réseaux classés de France. Les régions avec le plus haut taux d'EnR&R de chaleur livrée sont l'Occitanie, la Nouvelle-Aquitaine et le Centre-Val de Loire.

## ◆ Taux d'EnR&R dans les réseaux de chaleur par région en 2023

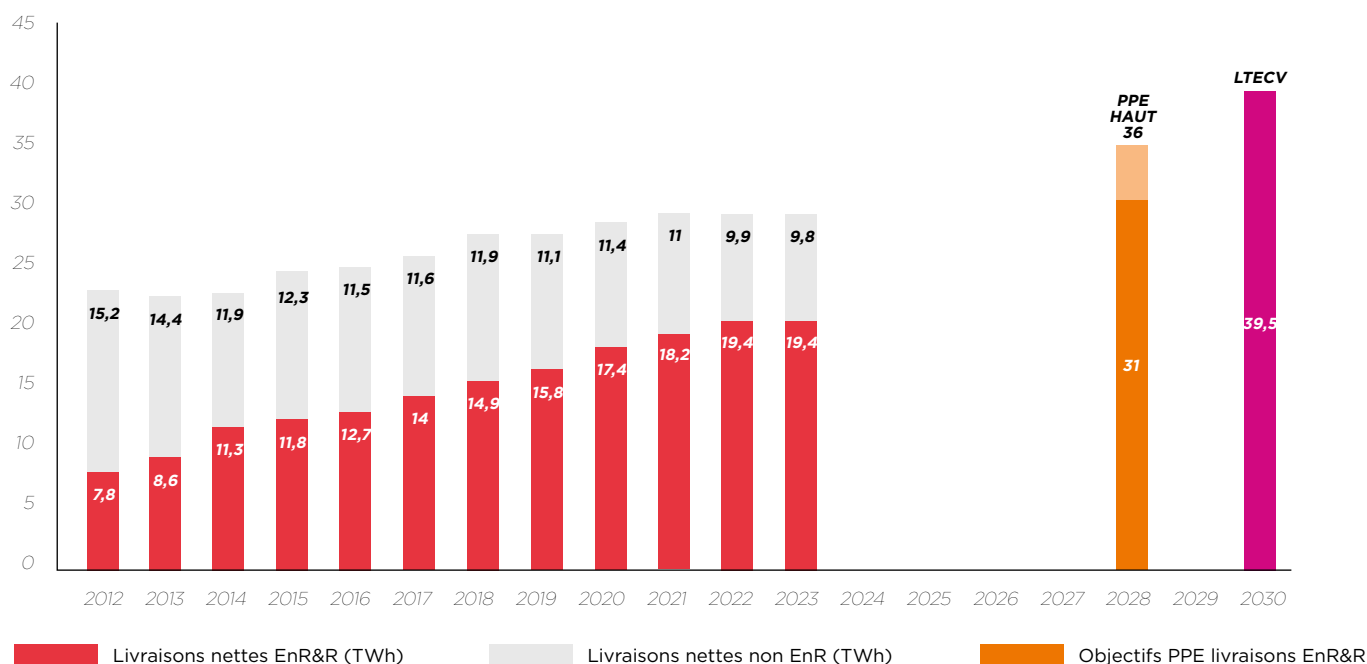
Source : EARCF, édition 2024



1. FEDENE Réseaux de chaleur et froid, Enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid, édition 2024.

## ◆ Évolution des livraisons nettes dans les réseaux de chaleur (en TWh, avec correction climatique)

Source : EARCF, édition 2024



Les réseaux de chaleur devront donc être fortement développés, modernisés, étendus et densifiés au cours des prochaines années, en les orientant au maximum vers les énergies renouvelables et de récupération afin de contribuer aux objectifs nationaux de la transition énergétique.

VIA SEVA et MANERGY ont conduit une étude en partenariat avec la FEDENE Réseaux de Chaleur & Froid qui propose un Schéma Directeur des Réseaux de Chaleur 2030 en listant précisément les villes à hauts potentiels dans lesquelles créer et étendre les réseaux vertueux pour livrer 39,5 TWh de chaleur ENR&R d'ici 2030, selon l'objectif inscrit dans la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV).

Comme la Cour des comptes<sup>2</sup>, le Schéma directeur national montre que les réseaux de chaleur offrent « une contribution efficace à la transition énergétique insuffisamment exploitée », puisque d'ici 2030 :

- 1 337 nouveaux réseaux pourraient livrer 13 TWh de chaleur EnR&R dans des centres urbains, soit 2 nouveaux réseaux de chaleur par département et par an ;
- 261 extensions - densifications de réseaux existants accroîtraient de 9,1 TWh les livraisons de chaleur verte ;
- 2,5 TWh de chaleur EnR&R seraient issus du verdissement soutenu des réseaux existants.

Pour accélérer le déploiement des réseaux de chaleur, l'outil principal demeure le Fonds Chaleur géré par l'ADEME. En complément, en juillet 2022, le Ministère de la Transition énergétique a mis en place un « Coup de pouce chauffage » pour les bâtiments résidentiels collectifs et tertiaires : les certificats d'économies d'énergie (CEE) « raccordement à un réseau de chaleur » sont bonifiés pour réduire au maximum les frais de raccordement. En période de crise énergétique, ce dispositif doit faciliter le raccordement des bâtiments chauffés *via* des énergies fossiles aux réseaux de chaleur vertueux (>50% EnR&R) (voir le chapitre « Cadre de développement »), et ce jusqu'au 31 décembre 2025.

## 7.2. CARACTÉRISTIQUES ET ENJEUX DES RÉSEAUX DE FROID

Sous l'effet de la combinaison de divers facteurs : réchauffement climatique, isolation des bâtiments qui rend nécessaire l'évacuation de la chaleur accumulée par l'activité humaine en été, développements informatiques, nouvelles solutions de rafraîchissement et de climatisation à des coûts abordables, nous assistons depuis quelques années à un accroissement rapide et accéléré de la climatisation. Traditionnellement cantonnée dans notre pays à la couverture des besoins de base des bâtiments tertiaires (bureaux, centres informatiques, santé, etc.), à la déshumidification en hiver ainsi qu'à l'évacuation de la chaleur et le rafraîchissement des lieux de travail en été, cette évolution répond de plus en plus à des besoins de confort. Ce « confort » a toutefois une composante sanitaire majeure, notamment pour les personnes âgées et vulnérables particulièrement menacées par les pics de chaleur (plus de 5 000 décès durant l'été 2023, soit 3% de la mortalité totale, et environ 20 000 recours aux soins d'urgence).

2. Cour des comptes, Le chauffage urbain : une contribution efficace à la transition énergétique insuffisamment exploitée, septembre 2021.

Un réseau de froid est une infrastructure locale permettant de produire et de livrer du froid aux pieds des immeubles grâce à un réseau transportant un fluide frigoporteur (en général de l'eau) dont la température varie entre 1 et 12 °C. Certains réseaux fonctionnent directement grâce à la fraîcheur de l'eau ou de l'air ambiant ou font appel à d'autres sources renouvelables (géothermie marine, chaleur de récupération, etc.).

En 2023, 93,8 % des livraisons de froid étaient destinées au rafraîchissement de bâtiment tertiaires comme des bureaux, des hôpitaux, des universités, des aéroports et, de façon marginale, au rafraîchissement des immeubles d'habitation. Le développement des réseaux de froid répond à un enjeu sanitaire majeur, la lutte contre les îlots de chaleur urbains, dans le contexte du changement climatique et d'accroissement des épisodes caniculaires. Il répond également à un enjeu environnemental en permettant la diminution des émissions de gaz à effet de serre et des fluides frigorigènes utilisés par des équipements individuels d'air conditionné.

En France, on estime aujourd'hui les besoins de froid à 19 TWh. En 2023 seulement 0,9 TWh sont fournis par 43 réseaux de froid. La PPE prévoit un objectif de multiplication par 3 des quantités de froid distribuées par réseau à horizon 2035. A ce jour, l'alimentation des réseaux de froid par des EnR&R n'est pas connue : les EnR&R froides ne sont pas définitivement définies au niveau européen. La directive européenne Efficacité Énergétique (UE) 2023/1791 définit les réseaux de chaleur et de froid efficaces selon deux critères, à savoir le taux d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) ainsi que le contenu carbone. Les états membres ont la liberté de choisir le critère leur convenant, ce qui permettrait à la France de se défaire des difficultés relatives aux taux EnR&R du froid renouvelable.

## 7.3. CARACTÉRISTIQUES ET ENJEUX DES BOUCLES D'EAU TEMPÉRÉE

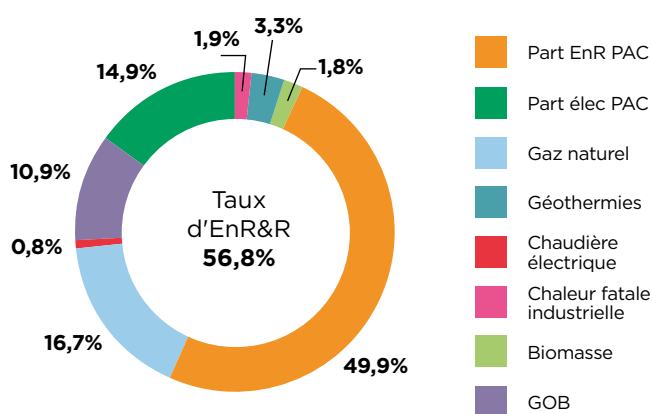
Une boucle d'eau tempérée (BET) est un réseau faisant circuler de l'eau tempérée ou un fluide calo-frigo-porteur généralement entre 5°C et 30°C, voire de -3°C à 40°C, permettant, selon les opportunités, de fournir de la chaleur et du froid. La boucle d'eau tempérée permet de mobiliser des sources d'énergie diffuses et/ou à basses températures.

C'est un dispositif de production et d'équilibrage centralisé d'énergies, couplé à un réseau de distribution qui vient satisfaire des besoins de chaud et de froid de clients raccordés. Elle est composée de 3 parties :

- La production d'équilibrage centralisée ;
- Les réseaux de distribution *via* une boucle tempérée ;
- La production de chaleur et de froid décentralisée (constituée d'une ou plusieurs PAC et/ou thermo-frigo-pompes).

### ♦ Mix énergétique des BET en 2023

Source : EARCF, édition 2024



La BET nécessite le recours d'un opérateur unique pour assurer le fonctionnement des parties de production d'équilibrage centralisée et les réseaux de distribution, intégrant ou pas la production décentralisée. Lorsque la production décentralisée est incluse dans le périmètre de l'opérateur, on parle alors de boucle complète, à l'inverse, on parle de boucle simple. En 2023, l'enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid comptait 11 BET, dont 7 livraient simultanément de la chaleur et du froid. Les livraisons des BET sont principalement destinées aux bâtiments tertiaires (52 %) puis aux bâtiments résidentiels (40 %). Le taux EnR&R des livraisons de chaleur avoisine les 56,8 % d'EnR&R.

## 7.4. EXEMPLES DE RÉALISATION

### À Épernay (51), le réseau de chaleur rime avec innovation verte et participation citoyennes

Dès 2025, le réseau de chaleur d'Épernay passera à une production 100% EnR&R grâce à une nouvelle chaufferie biomasse alimentée principalement par des plaquettes forestières locales situées à rayon de 100 km. Les installations au gaz existantes seront converties au biométhane pour servir d'appoint. Les abonnés profiteront d'une stabilité des prix et d'une économie de 40% sur leur facture. Les Sparnaciens pourront aussi participer à la transition énergétique via un financement participatif et être ainsi acteur de la transition énergétique de leur territoire.

#### CHIFFRES CLÉS :

- ◆ Mix énergétique 100% EnR&R :  
**90% Bois et 10% Biométhane** ;
- ◆ Une chaufferie bois de **11 MW** et des chaudières biométhane de **15,5 MW** ;
- ◆ Un réseau de **13 km** déployé à Épernay ;
- ◆ **66** sous-stations réparties sur le territoire ;
- ◆ **4 500** équivalents-logements raccordés ;
- ◆ **9 700 tonnes de CO<sub>2</sub>** évitées par an.



« Ce projet symbolise parfaitement ce que nous voulons pour Épernay : une ville qui sait allier tradition et innovation, qui valorise ses ressources locales tout en se projetant dans l'avenir. C'est un projet qui nous permet de prendre notre part dans la lutte contre le changement climatique, tout en apportant des bénéfices concrets à nos concitoyens. Je suis fière de porter ce projet et je suis convaincue qu'il fera de la Ville d'Épernay un modèle en matière de transition écologique. »

**Christine Mazy, Maire de la Ville d'Épernay**

# FOCUS SUR LE STOCKAGE THERMIQUE

La chaleur se transporte difficilement sur de longues distances mais elle peut être stockée puis restituée pour répondre aux besoins de différents usagers (industriels, réseaux de chaleur, ...).

## LES ENJEUX

Un des principaux atouts du stockage de la chaleur est la flexibilité qu'il apporte aux opérateurs pour garantir l'adéquation offre/demande, notamment durant les périodes de pics de consommation. Par exemple, les ballons d'eau chaude sanitaire permettent de stocker l'eau chauffée lorsque la demande en électricité est faible. Avec plus d'une dizaine de millions de bâtiments équipés, ce sont près de 20 GWh de consommation quotidienne d'énergie qui peuvent ainsi être déplacés pour éviter la surcharge des réseaux électriques.

De même, le stockage de la chaleur offre aux réseaux de chaleur et à l'industrie de nouvelles solutions pour ajuster la production et le déstockage lors des pointes de consommation. Il permet également de mieux valoriser certaines sources d'EnR&R diffuses, intermittentes ou basses températures telles que la chaleur fatale ou le solaire thermique (voir l'exemple ci-après).

En particulier pour les réseaux de chaleur, le système de stockage de la chaleur peut être centralisé ou décentralisé. Dans un dispositif centralisé, les systèmes de stockage sont installés à proximité des centrales de production où la disponibilité du terrain permet généralement le déploiement d'une capacité de stockage plus importante. Dans un dispositif décentralisé, les installations de stockages sont placées au plus près des consommateurs, généralement au niveau des sous-stations ou sur le réseau secondaire, afin de garantir une livraison de chaleur plus réactive.

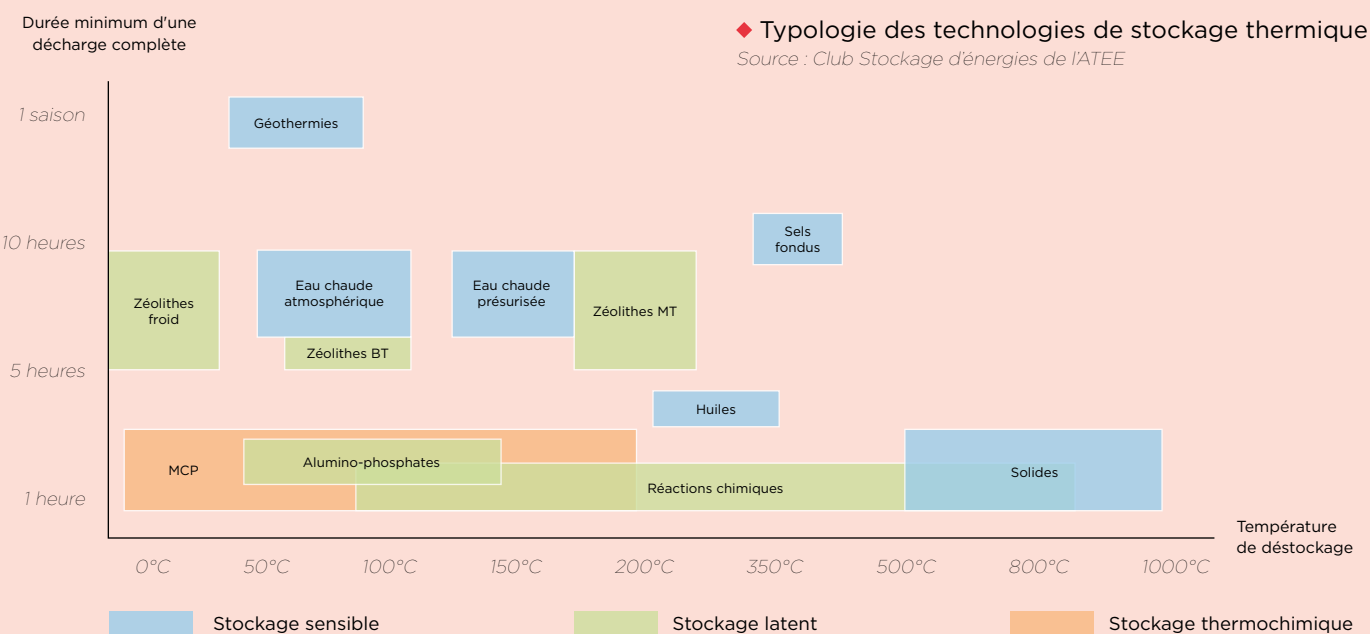
## UNE DIVERSITÉ DE SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

Il existe une diversité de technologies de stockage thermique en fonction de la durée du stockage souhaitée, de quelques heures à quelques mois, et de la température requise pour la chaleur restituée, jusqu'à 1000°C.

**Le stockage sensible** consiste à chauffer un milieu liquide (eau, sels fondus, huiles, ...) ou solide (bétons, céramiques, ...) choisi selon la température requise, et d'en limiter les pertes thermiques jusqu'à la restitution de cette chaleur. Pour le stockage inter-saisonnier (entre la période estivale et la période hivernale), l'énergie thermique peut être injectée directement dans le sol au moyen de sondes géothermiques ou stockée dans des fosses.

**Le stockage latent** utilise des matériaux à changement de phase qui absorbent ou restituent de l'énergie lorsqu'ils changent d'état physique. Un matériau va par exemple absorber de la chaleur en passant de l'état solide à liquide, et à l'inverse relâcher de la chaleur en se solidifiant.

Enfin, **le stockage thermochimique** repose sur des réactions physico-chimiques réversibles consommatrices ou émettrices de chaleur.



1. Comité de prospective de la CRE « La flexibilité et le stockage sur les réseaux d'énergie d'ici les années 2030 » : [https://www.eclairerlavenir.fr/wp-content/uploads/2018/07/Rapport\\_GT2.pdf](https://www.eclairerlavenir.fr/wp-content/uploads/2018/07/Rapport_GT2.pdf)  
 2. Voir le Focus sur la chaleur fatale page 54  
 3. CEREMA - Stockage thermique et réseaux de chaleur - septembre 2021

# 8. CADRE DE DÉVELOPPEMENT

8.1. OBJECTIFS LTECV ET PPE 61

8.2. CADRE ÉCONOMIQUE 62

## 8.1. OBJECTIFS LTECV ET PPE

La loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) de 2015 prévoit de faire passer la part de chaleur renouvelable dans la consommation finale de chaleur de 20 % en 2016 à **38 % en 2030**.

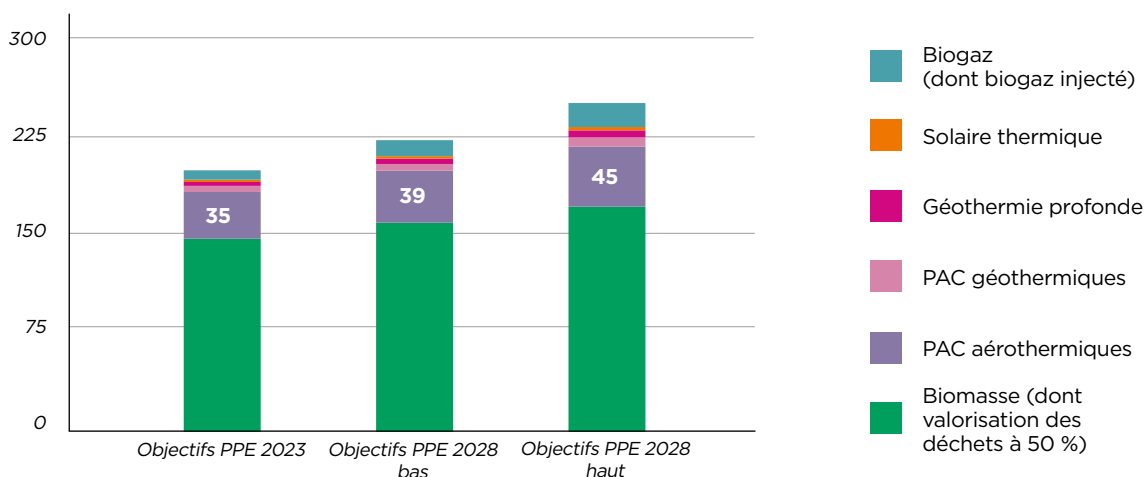
Les Programmatons Pluriannuelles de l'Énergie (PPE), outils de pilotage de la politique énergétique nationale, ont été créées par la LTECV. La PPE de métropole continentale est élaborée par le Gouvernement tandis que les PPE des zones non interconnectées (Corse et outremer) sont co-élaborées avec les collectivités territoriales.

L'un des enjeux prioritaires des PPE est de réduire la consommation d'énergies fossiles et d'augmenter significativement la production de chaleur renouvelable dans le mix énergétique.

Pour ce qui concerne la métropole continentale, la PPE actuelle prévoit **une augmentation de 26 %** de la production de chaleur renouvelable **entre 2023 et 2028** (scénario haut).

◆ Les objectifs de production de chaleur renouvelable par filière dans la PPE de métropole continentale 2023-2028 (TWh)

Source : SER



| Production (en TWh)                             | Objectif PPE 2023 | Objectif PPE 2028 bas | Objectif PPE 2028 haut |
|---|-------------------|-----------------------|------------------------|
| Biomasse (dont valorisation des déchets à 50 %) | 145               | 157                   | 169                    |
| PAC aérothermiques                              | 35                | 39                    | 45                     |
| PAC géothermiques                               | 4,6               | 5                     | 7                      |
| Géothermie profonde                             | 2,9               | 4                     | 5,2                    |
| Solaire thermique                               | 1,75              | 1,85                  | 2,5                    |
| Biogaz (dont biogaz injecté)                    | 7                 | 12                    | 18                     |
| <b>Total</b>                                    | <b>196</b>        | <b>219</b>            | <b>247</b>             |

## 8.2. CADRE ÉCONOMIQUE

### 8.2.1. DISPOSITIFS DE SOUTIEN POUR LES ENTREPRISES ET LES COLLECTIVITÉS

#### LE FONDS CHALEUR

Destiné à l'habitat collectif, au tertiaire, à l'agriculture et à l'industrie, le Fonds Chaleur, mis en place en 2009, est géré par l'Agence de la transition écologique (ADEME).

L'ADEME apporte son expertise aux porteurs de projets et attribue des aides (études de faisabilité, aides à l'animation, aides à l'investissement, etc.) pour développer les énergies renouvelables ou de récupération (EnR&R) ainsi que les réseaux de chaleur et de froid qui permettent de les distribuer dans les territoires.

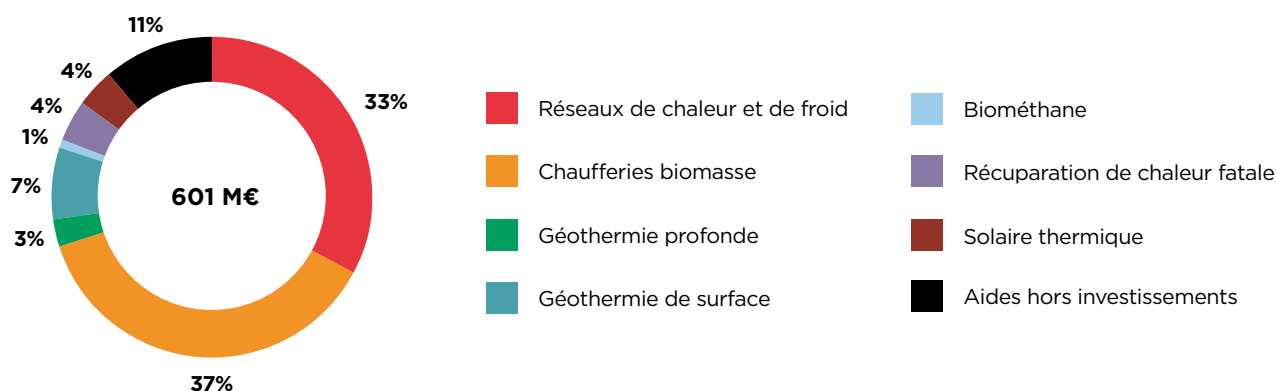
Après plusieurs années perturbées par la situation sanitaire, l'année 2022 a été marquée par la guerre en Ukraine et une crise énergétique majeure. Le plan de résilience du gouvernement a porté le budget du Fonds Chaleur à 522 millions d'euros contre 300 millions d'euros en 2021. La totalité de ce budget a été engagée.

**En 2023, la totalité du budget du Fonds Chaleur a été engagé, soit 601 millions d'euros ayant soutenu plus de 1 400 installations pour une production de 2,88 TWh/an de chaleur renouvelable et de récupération additionnelle.**

En 2023, les aides à l'investissement ont représenté le premier poste de dépense du Fonds chaleur à hauteur de 536 M€. Les aides ont été majoritairement utilisées pour des chaufferies biomasse (37,3%) et la création ou l'extension de réseaux de chaleur et de froid (32,9%).

#### ◆ Répartition des aides à l'investissement du Fonds Chaleur en 2023

Source : ADEME



Depuis sa création, le Fonds Chaleur a donné un puissant coup d'accélérateur aux énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) : doté de 4,28 milliards d'euros sur la période 2009-2023, le Fonds Chaleur a permis d'aider plus de 8 500 installations représentant 14 milliards d'euros d'investissements et totalisant une capacité de production de 45,4 TWh d'EnR&R cumulée.

Le fonds chaleur est l'un des leviers les plus efficaces pour la décarbonation et la baisse de la dépendance aux fossiles (efficacité moyenne 2023 de 48 €/tonne de CO<sub>2</sub> évitée, 36 €/tonne de CO<sub>2</sub> en incluant les dispositifs biomasse BCIAT et BCIB de France 2030). Le ratio de l'aide rapportée à la production additionnelle sur 20 ans est de 10,7 €/MWh.



### **LE FONDS DE DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE**

Depuis 2021, l'ADEME contribue à la forte accélération des projets de décarbonation de la chaleur dans l'industrie en tant qu'opérateur de France Relance puis de France 2030.

En 2023, les appels à projets Biomasse Chaleur pour l'Industrie, l'Agriculture et le Tertiaire (BCIAT) et Biomasse Chaleur Industrie du Bois (BCIB) ont bénéficié de 203 M€ d'aides à l'investissement avec France 2030. Ces investissements ont permis le financement de la production de 2,4 TWh/an de chaleur renouvelable pour les industries (en plus des 2,8 TWh du Fonds Chaleur).

### **LE TAUX RÉDUIT DE TVA À LA CHALEUR LIVRÉE POUR LES RÉSEAUX VERTUEUX**

Les réseaux de chaleur utilisant au moins 50 % d'EnR&R permettent à leurs abonnés de bénéficier d'un taux de TVA de 5,5 % dans leur facture (abonnement et fourniture d'énergie).

### **LES CERTIFICATS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE (CEE)**

Le dispositif des CEE constitue l'un des principaux instruments de la politique de maîtrise de la demande énergétique. Depuis 2006, l'État oblige les vendeurs d'énergie (électricité, gaz, carburant, etc.) à réaliser des économies d'énergie auprès des consommateurs (ménages, professionnels, etc.). Un objectif pluriannuel est défini pour chaque opérateur. En fin de période, les obligés ne justifiant pas de l'accomplissement de leurs obligations par la détention du montant de CEE adéquat sont pénalisés financièrement. Les CEE sont générés par la mise en place ou le financement d'actions d'économie d'énergie par les obligés. Ces derniers peuvent acheter et vendre des CEE sur un marché d'échange pour compléter leurs obligations. Dans la pratique les entreprises qui valorisent ces CEE, les affichent auprès du client final sous forme d'une « prime énergie ».

**LE « COUP DE POUCE CHAUFFAGE »** est une bonification de cette « prime énergie » lors du remplacement du système de chauffage ou d'eau chaude sanitaire à énergie fossile d'un bâtiment résidentiel collectif ou tertiaire (chaudière à charbon, fioul, gaz, hors condensation), par un raccordement à un réseau de chaleur majoritairement à énergie renouvelable. En cas d'impossibilité de raccordement, le coup de pouce peut s'appliquer à la mise en place d'autres systèmes de chauffage renouvelable (pompes à chaleur et chaudières biomasse).

### **LE FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE RÉGIONAL (FEDER)**

Le FEDER intervient dans le cadre de la politique européenne de cohésion économique, sociale et territoriale, notamment pour soutenir la transition vers une économie à faibles émissions de carbone et l'adaptation au changement climatique. Dans le cadre de la programmation pour 2021-2027 du budget de l'UE, 9,1 milliards d'euros du FEDER sont attribués à la France. Depuis la loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles du 27 janvier 2014, dite MAPTAM, les Régions gèrent presque totalement le FEDER.

## **8.2.2. DISPOSITIFS DE SOUTIEN POUR LES PARTICULIERS**

### **MAPRIMERÉNOV**

Lancée le 1<sup>er</sup> janvier 2020, MaPrimeRénov' remplace le crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE) et les aides de l'Agence nationale de l'Habitat (Anah) « Habiter Mieux Agilité ».

MaPrimeRénov' permet de financer des travaux d'isolation, de chauffage, de ventilation ou d'audit énergétique d'une maison individuelle ou d'un appartement en habitat collectif. Les travaux doivent être obligatoirement réalisés par des entreprises labellisées RGE (Reconnues Garantées pour l'Environnement).

Cette aide est accessible aux propriétaires occupants, propriétaires bailleurs et syndicats de copropriété.

Le montant de la prime est déterminé en fonction des ressources du foyer fiscal et du gain écologique des travaux. Pour les ménages les plus aisés, la prime est conditionnée à la mise en place d'une rénovation globale incluant plusieurs travaux. La prime peut être cumulée avec d'autres aides comme les certificats d'économie d'énergie, les aides des collectivités territoriales, celles d'Action Logement et le taux réduit de TVA.

### **LE TAUX RÉDUIT DE TVA À 5,5 %**

Le taux réduit de TVA à 5,5 % s'applique aux travaux visant l'installation (incluant la pose, la dépose et la mise en décharge des ouvrages, produits ou équipements existants) de matériaux et d'équipements de chauffage renouvelable éligibles, sous réserve du respect des mêmes critères techniques et de performances que pour MaPrimeRénov' dans un logement de plus de deux ans. Le taux réduit s'applique aussi aux travaux induits qui sont définis dans l'instruction fiscale BOI-TVALIQ-30-20-95. Pour les autres travaux de rénovation, le taux réduit appliqué est de 10 %.

### **LE « COUP DE POUCE CHAUFFAGE »**

Il s'agit d'une aide, octroyée dans le cadre du dispositif CEE jusqu'en 2024, pour le remplacement de chaudières fossiles au charbon, au fioul ou au gaz autre qu'à condensation par un équipement de chauffage renouvelable (chaudière biomasse, appareil de chauffage au bois, pompe à chaleur géothermique, aérothermique ou hybride, système à chaleur solaire ou raccordement à un réseau de chaleur). Le montant de l'aide varie de 450 € à 4 000 € et dépend de l'équipement de remplacement ainsi que des ressources du ménage.

### **LE FONDS AIR BOIS**

Financée par des collectivités et par l'ADEME, l'aide du Fonds Air Bois permet à des ménages situés dans des territoires exposés à des dépassements des valeurs limites de particules fines, de remplacer leur appareil non performant de chauffage au bois par un équipement très performant (labellisé Flamme Verte ou être enregistré dans le registre de l'ADEME des appareils équivalents). Cette aide est cumulable avec l'aide MaPrimRénov'.

### **L'EXONÉRATION DE TAXE FONCIÈRE**

Certaines collectivités locales proposent, de manière temporaire, une exonération partielle ou totale de la taxe foncière sur les propriétés bâties (TFPB) pour les logements qui font l'objet, par le propriétaire, de dépenses d'équipement pour réaliser des économies d'énergie.

### **L'ÉCO-PRÊT À TAUX ZÉRO**

Il s'agit d'un prêt à 0 %, accessible sans conditions de ressources, pour financer un ou plusieurs travaux d'amélioration de la performance énergétique pour un logement principal achevé avant 1990. L'éco-prêt à taux zéro est distribué par les établissements de crédit ayant conclu une convention avec l'État. La banque apprécie sous sa propre responsabilité la solvabilité et les garanties de remboursement présentées par l'emprunteur. L'éco-prêt est cumulable avec les autres aides sans conditions de ressources. Le montant maximum du prêt est de 30 000 € remboursable sur 10 ans voir 15 ans.



**Ont contribué à cette édition :**

**ADEME** : Le Service Agriculture Alimentation Forêts, le Service Chaleur renouvelable et le Service Industrie

**AFPG** : Virginie SCHMIDLE-BLOCH

**CIBE** : Elodie PAYEN, Ludovic LEPRIEUR

**FEDENE** : Auguste RAMS, Gabriel VOLCOVSCHI

**SER** : Maxime VION SAINT-SUPÉRY, Robin APOLIT SAGET-BORGETTO, Axel RICHARD, Agathe AMIN, Cynthia KARI

**UNICLIMA** : Valérie LAPLAGNE

**ADEME** 27 rue Louis Vicat - 75015 Paris / [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

**AFPG** 77 rue Claude Bernard - 75005 Paris / [www.afpg.asso.fr](http://www.afpg.asso.fr)

**CIBE** 28 rue de la pépinière - 75008 PARIS / [www.cibe.fr](http://www.cibe.fr)

**FEDENE** 28 rue de la pépinière - 75008 PARIS / [www.fedene.fr](http://www.fedene.fr)

**SER** 40-42 rue La Boétie - 75008 Paris / [www.enr.fr](http://www.enr.fr)

**UNICLIMA** 11-17 rue de l'Amiral Hamelin - 75116 Paris / [www.uniclima.fr](http://www.uniclima.fr)

La responsabilité de l'ADEME, de l'AFPG, du CIBE, de la FEDENE, du SER et d'UNICLIMA ne saurait être engagée pour les dommages de toute nature, directs ou indirects, résultant de l'utilisation ou de l'exploitation des données et informations contenues dans le présent document, et notamment toute perte d'exploitation, perte financière ou commerciale.  
Impression sur papier issu de forêts gérées durablement.