



PANORAMA DE LA **CHALEUR RENOUVELABLE ET DE RÉCUPÉRATION**

ÉDITION 2020



Avec la participation de



SOMMAIRE

Préambule	03
1. Bois énergie	04
1.1. Chaufferie bois énergie (secteurs collectif, industriel et tertiaire)	05
1.2. Chauffage au bois domestique	10
1.3. Caractéristiques et enjeux	13
→ Focus sur le gisement de bois forestier en France	14
2. Pompes à chaleur aérothermiques	16
2.1. Chiffres clés	17
2.2. Parc installé	17
2.3. Caractéristiques et enjeux	18
3. Géothermie	20
3.1. Géothermie de surface	21
3.2. Géothermie profonde	22
3.3. Caractéristiques et enjeux	23
→ Focus sur le gisement géothermique en France	26
4. Chaleur solaire	27
4.1. Chiffres clés	28
4.2. Parc installé	28
4.3. Caractéristiques et enjeux	32
→ Focus sur le gisement solaire en France	33
5. Gaz renouvelables	35
5.1. Chiffres clés	35
5.2. Parc national installé	35
5.3. Focus régionaux	36
5.4. Caractéristiques et enjeux	38
6. Valorisation énergétique des déchets	40
6.1. Chiffres clés	41
6.2. Parc installé	41
6.3. Caractéristiques et enjeux	44
→ Focus sur la chaleur de récupération	47
7. Les réseaux de chaleur et de froid : vecteurs énergétiques	48
7.1. Caractéristiques et enjeux des réseaux de chaleur	49
7.2. Caractéristiques et enjeux des réseaux de froid	49
8. Cadre de développement	50
8.1. Objectifs PPE	50
8.2. Cadre économique	51
8.3. Cadre réglementaire	53

PRÉAMBULE

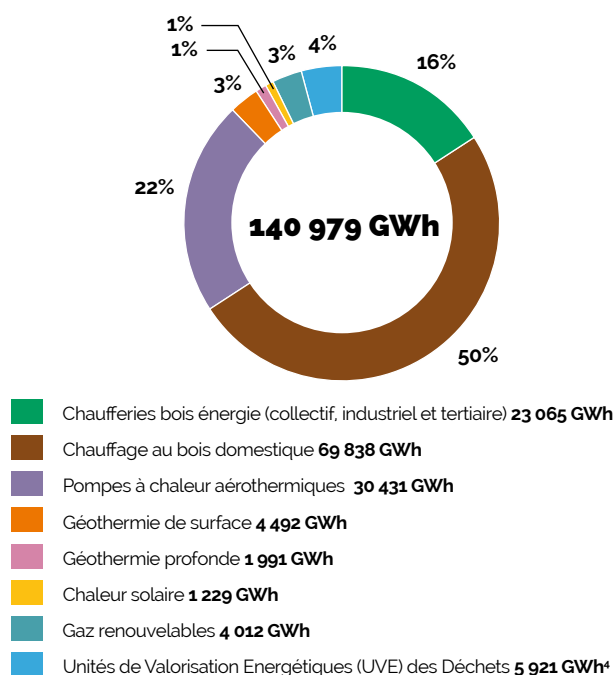
Le « Panorama de la chaleur renouvelable et de récupération », réalisé par le CIBE, la FEDENE, le SER, UNICLIMA et avec la participation de l'ADEME, se veut un outil d'accompagnement de la transition énergétique, pour laquelle la chaleur est un enjeu primordial puisqu'elle représente presque la moitié de la consommation énergétique de notre pays et reste majoritairement produite par des énergies fossiles.

Cette quatrième édition dresse un état des lieux, à l'échelle nationale et/ou régionale¹, de chaque filière de production de chaleur renouvelable et de récupération : bois énergie (collectif, industriel, tertiaire et domestique), pompes à chaleur aérothermiques, géothermie de surface et géothermie profonde, chaleur solaire, gaz renouvelables et valorisation énergétique des déchets, ainsi qu'un focus sur les réseaux de chaleur et de froid. Ce panorama présente les données essentielles de production de chaleur de ces filières sous formes d'infographies. Il comprend également des analyses des marchés de ces filières au regard des objectifs à atteindre, des présentations des différentes typologies, des exemples de réalisation, des focus sur les gisements existants et les atouts de chaque filière.

Cet état des lieux est à mettre en perspective avec les objectifs de la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) adoptée en août 2015 et ceux de la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) d'avril 2020². Selon la LTECV, 38 % de la chaleur consommée en France devra être d'origine renouvelable à l'horizon 2030. Les dernières estimations présentées dans ce panorama montrent que cette part s'élève à fin 2019 à 20,8 %³.

Part de chaque filière dans la production de chaleur renouvelable en France métropolitaine en 2019

Source : SER



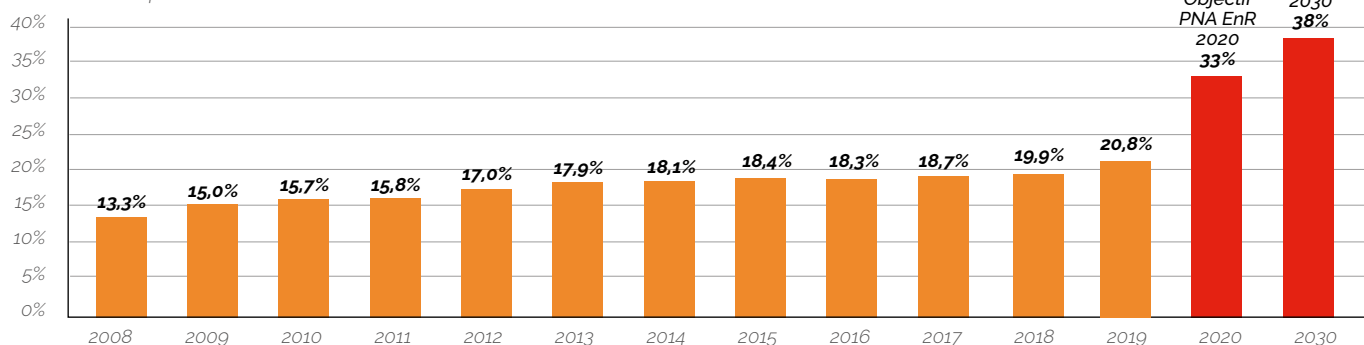
En 2019, la consommation finale brute de chaleur atteignait 677 044 GWh dont 140 979 GWh de chaleur renouvelable. Ces chiffres illustrent le retard pris dans le secteur de la chaleur renouvelable et la nécessité de mettre en œuvre, pour toutes les filières de production, les moyens nécessaires à leur développement. Sans accélération, nous ne pourrions respecter ni les objectifs de la LTECV et de la PPE, ni les engagements de notre pays au niveau européen et international en matière d'énergies renouvelables et de lutte contre le changement climatique.

140 979 GWh
de production
thermique
renouvelable
en 2019

20,8 %
de la consommation
finale de chaleur
en 2019

Évolution de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale de chaleur

Source : SER d'après SDES



1. Les données DROM seront explicitées pour la filière chaleur solaire et les Unités de Valorisation Énergétique des déchets.

2. Décret n°2020-456 du 21 avril 2020 relatif à la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie.

3. Source : SER d'après les données provisoires du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES) : « Les énergies renouvelables en France en 2019 – Suivi de la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation des énergies renouvelables », avril 2020.

4. La production de la filière UVE des déchets atteint en réalité 11 841 GWh. 50 % étant réglementairement considérés comme renouvelables, les 50 % restants sont qualifiés de chaleur de récupération (définition de la part renouvelable et de récupération précisée à l'article L211-2 du code de l'énergie).



1. Bois énergie

1.1. Chaufferies bois énergie (secteurs collectif, industriel et tertiaire)	05
1.1.1. Chiffres clés	05
1.1.2. Parc installé	05
1.1.3. Typologie des installations	08
1.2. Chauffage au bois domestique	10
1.2.1. Chiffres clés	10
1.2.2. Parc installé	11
1.2.3. Typologie des appareils de chauffage au bois domestique	12
1.3. Caractéristiques et enjeux	13

1.1. Chaufferies bois énergie (secteurs collectif, industriel et tertiaire)

1.1.1. Chiffres clés⁵



► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2019

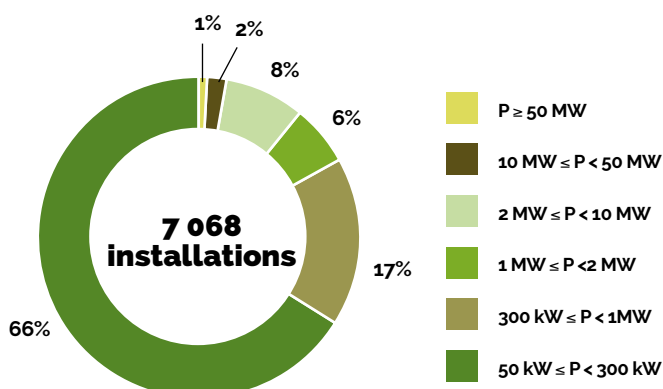
Les chaufferies bois énergie de type collectif, industriel et tertiaire de puissance supérieure ou égale à 50 kW ont produit 23 065 GWh de chaleur renouvelable en 2019 en France métropolitaine. Cette production couvre 3,4 % de la consommation finale de chaleur.

1.1.2. Parc installé

1.1.2.1. Caractéristiques du parc

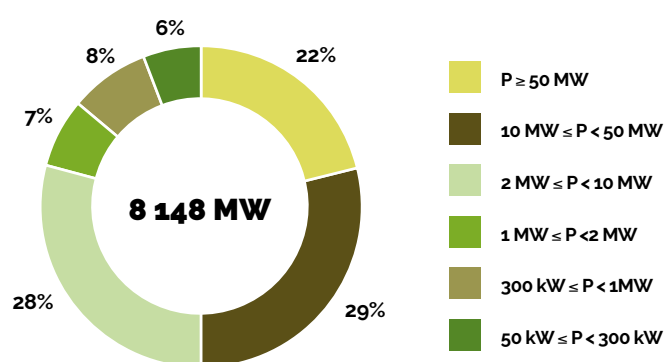
Répartition en nombre de chaufferies bois énergie ≥ 50 kW

Source: CIBE au 31 décembre 2019



Répartition en puissance cumulée de chaufferies bois énergie ≥ 50 kW

Source: CIBE au 31 décembre 2019

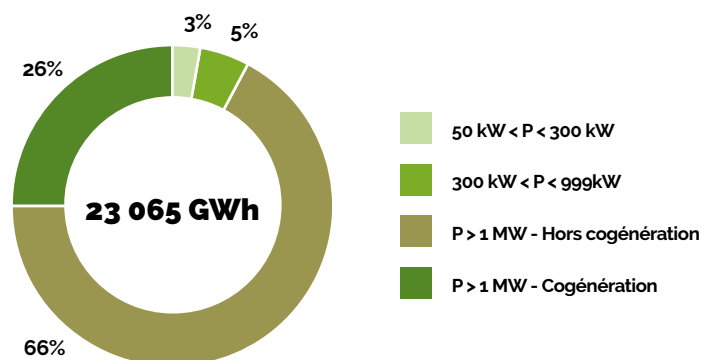


Les chaufferies de puissances supérieures ou égales à 10 MW représentent 3 % des installations mais 51 % de la puissance totale installée. Les chaufferies de puissances comprises entre 50 kW et 1 MW représentent 83 % des installations, mais seulement 14 % de la puissance totale installée.

5. Depuis 2007, le CIBE fait appel au réseau des animateurs bois énergie – dont les Collectivités forestières Occitanie dans le cadre de l'Observatoire interrégional bois-énergie Occitanie (données d'août 2020), les Communes forestières PACA dans le cadre de l'Observatoire régional de la Forêt Méditerranéenne et l'Observatoire Bois Industrie et Bois Énergie FIBOIS Grand Est – pour dresser l'état des lieux des installations collectives, industrielles et tertiaires utilisant du bois énergie en France. Les données sont consolidées par des hypothèses de consommation et de rendement issues des travaux du CIBE. La chaleur produite par les chaufferies bois énergie 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 (la production d'électricité n'étant pas prise en compte dans ce panorama). Ces deux rendements sont calculés par rapport au contenu énergétique du combustible. La puissance installée des chaufferies bois énergie en cogénération est déterminée en calculant le potentiel thermique (soit 75 %) à partir de la puissance installée totale de ces installations. Concernant les installations de production d'électricité seule, elles sont intégrées dans le total de puissance installée sans contribuer à la production de chaleur. Il s'agit de deux installations de 265 MW/thermiques et de 38 MW/thermiques.

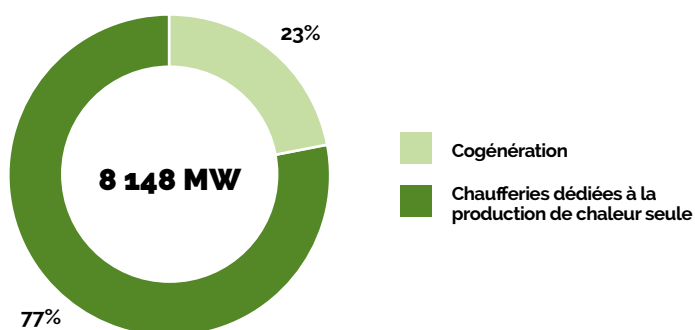
Répartition en production annuelle de chaleur renouvelable issue de chaufferies bois énergie $\geq$ à 50 kW

Source: CIBE au 31 décembre 2019



Répartition en puissance cumulée des chaufferies bois énergie $\geq$ 50 kW

Source: CIBE au 31 décembre 2019

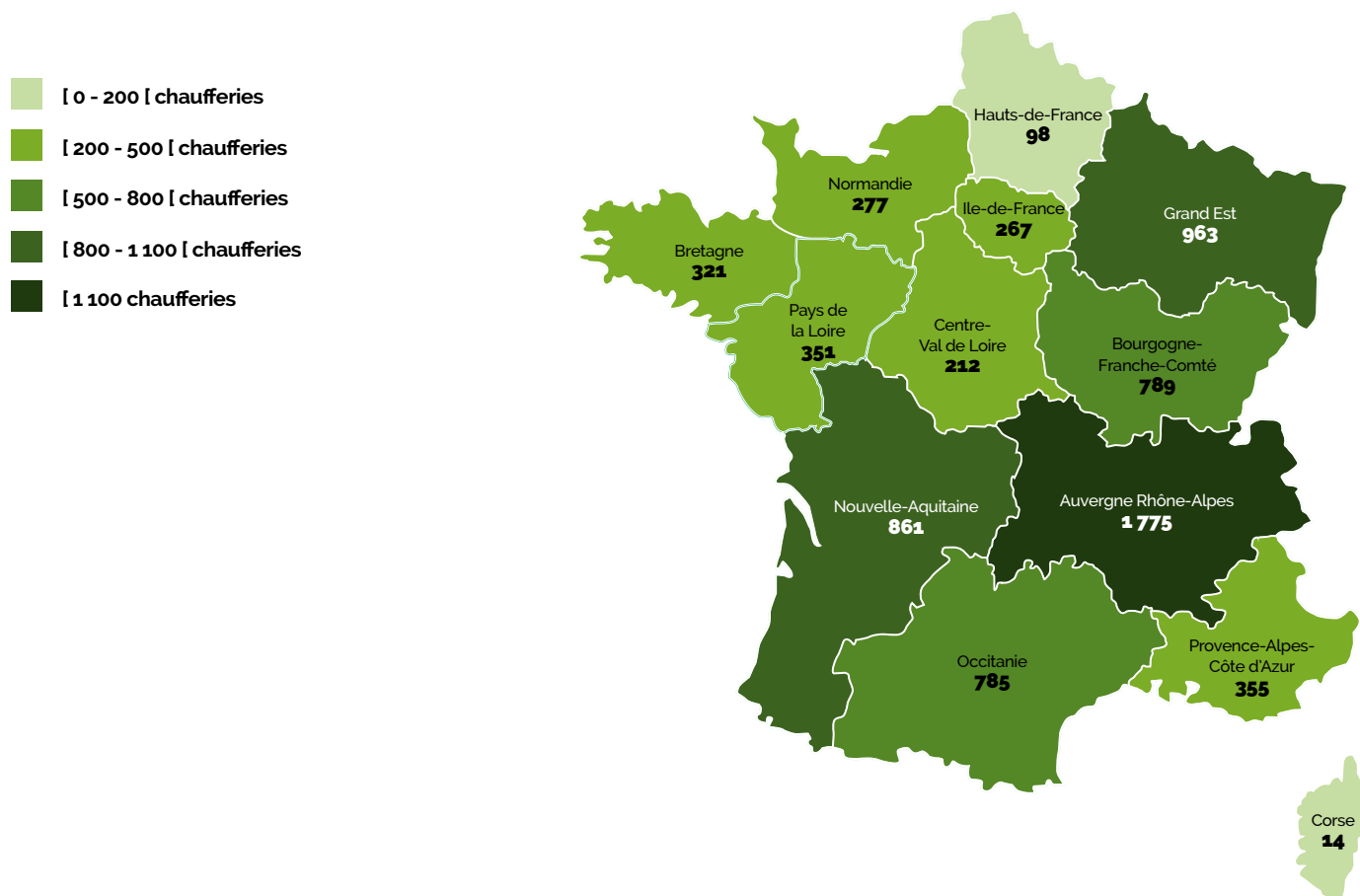


Parmi les chaufferies bois énergie, le nombre d'installations de cogénération (valorisant à la fois de l'électricité et de la chaleur) est inférieur à 1 % et correspond à 23 % de la production thermique renouvelable.

1.1.2.2. Répartition régionale du parc⁶

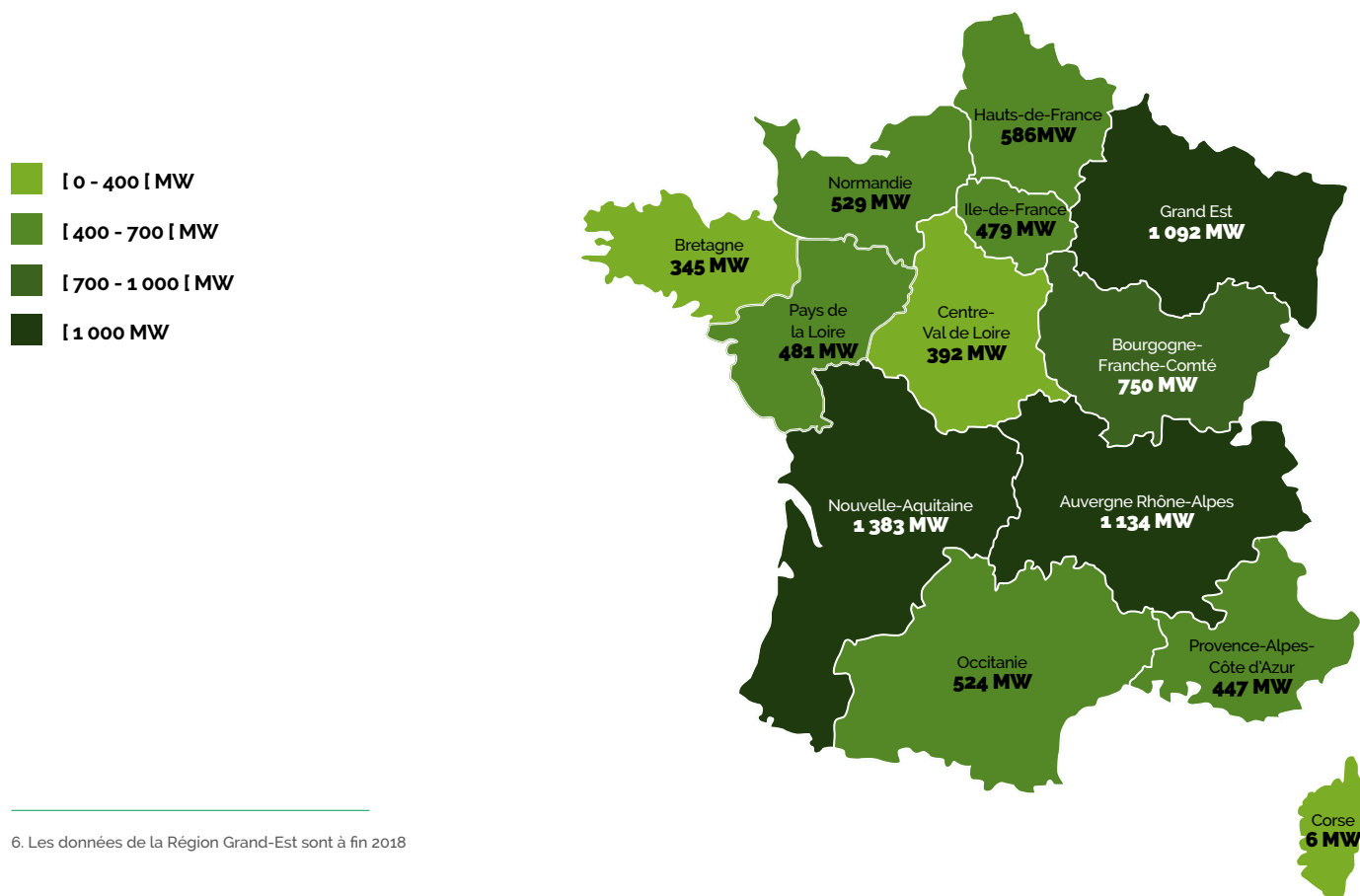
Répartition régionale en nombre d'installations des chaufferies bois énergie ≥ 50 kW

Source : CIBE au 31 décembre 2019



Répartition régionale de la puissance installée cumulée des chaufferies bois énergie ≥ 50 kW

Source : CIBE au 31 décembre 2019

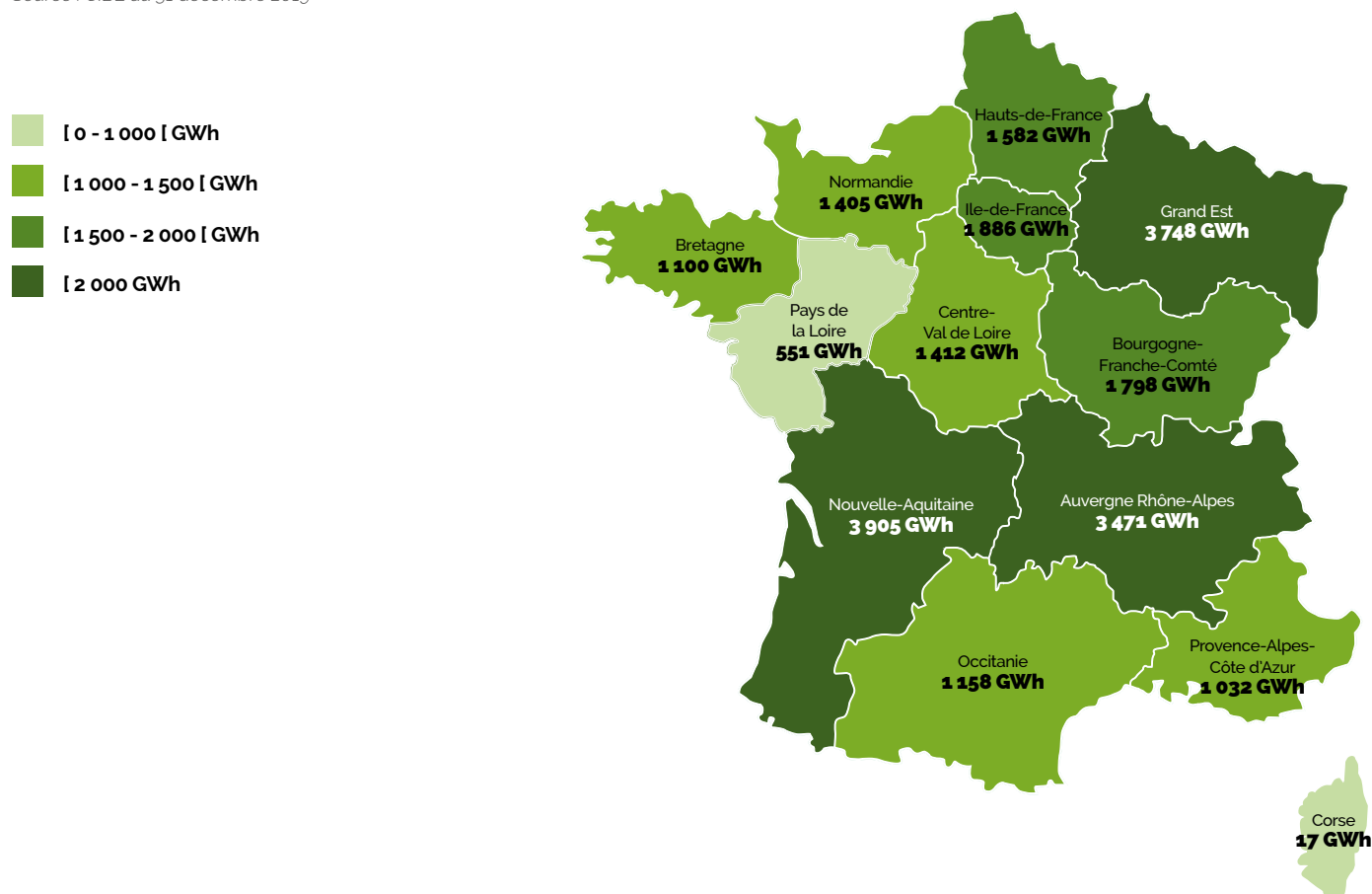


6. Les données de la Région Grand-Est sont à fin 2018

1.1.2.3. Production de chaleur renouvelable annuelle du parc⁷

Répartition régionale de la production annuelle de chaleur renouvelable issue des chaufferies bois énergie ≥ 50 kW

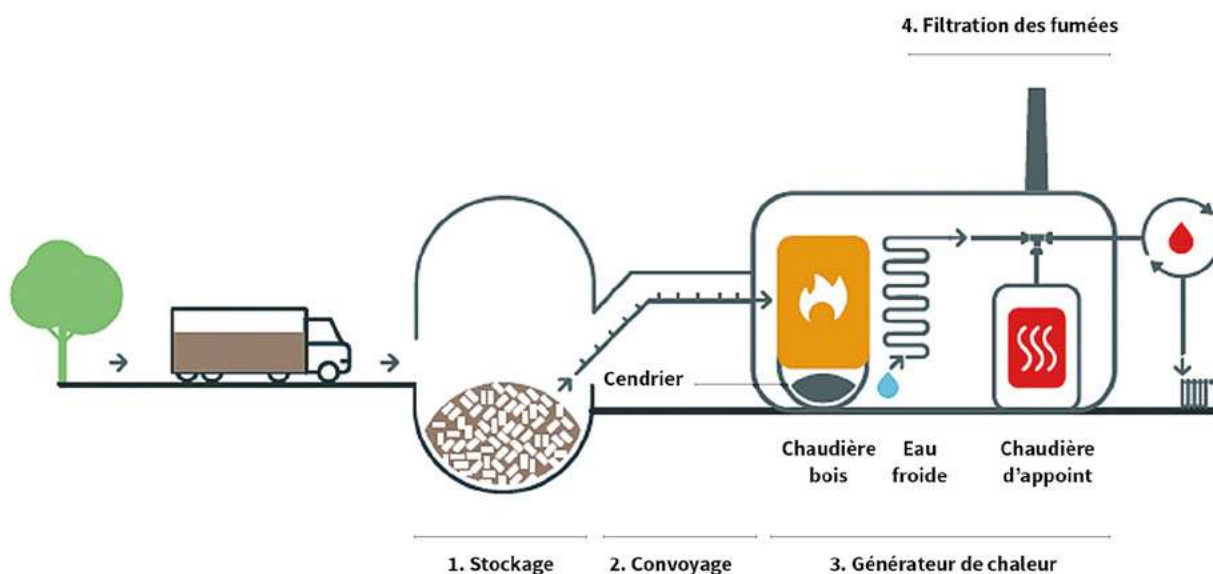
Source : CIBE au 31 décembre 2019



1.1.3. Typologie des installations

Principes de fonctionnement d'une chaufferie bois énergie

Une chaufferie bois énergie est un bâtiment, ou partie d'un bâtiment, dédié à la production de chaleur. Les installations sont équipées d'une alimentation automatique en bois et structurées en quatre parties, adaptées à l'utilisation d'un combustible solide

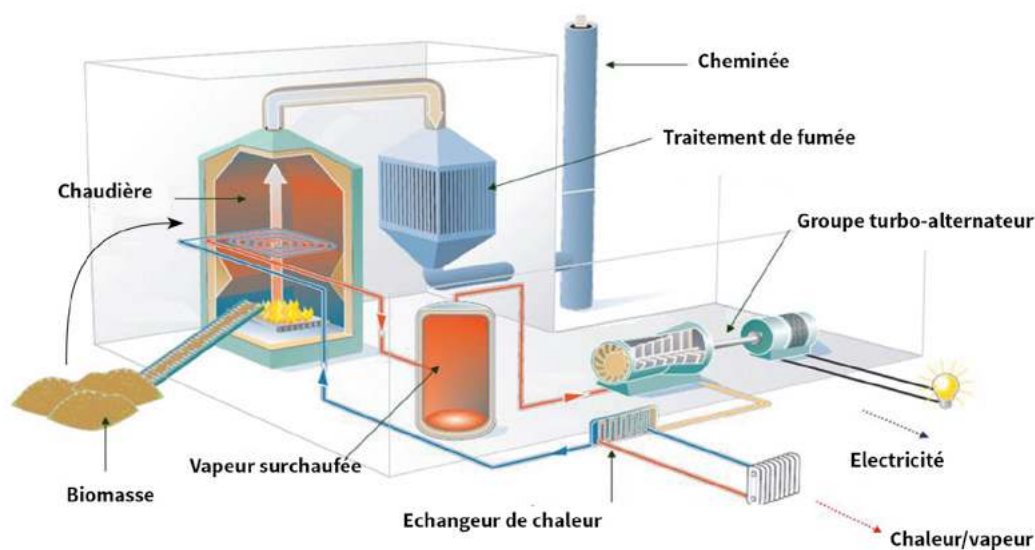


Source : ADEME - LE BOIS ÉNERGIE, CHAUFFERIES BOIS COLLECTIVES À ALIMENTATION AUTOMATIQUE, 2016.

7. Les données de la Région Grand-Est sont à fin 2018

Principe de fonctionnement d'une installation de cogénération bois énergie

Le terme de cogénération ne désigne pas une technologie spécifique, mais plutôt un principe de fonctionnement. Par cogénération, on entend la transformation du pouvoir calorifique d'un combustible en énergies électrique et thermique. Les installations de cogénération sont souvent de plus grande puissance que les installations ne produisant que de la chaleur.



Source : © Engie Cofely

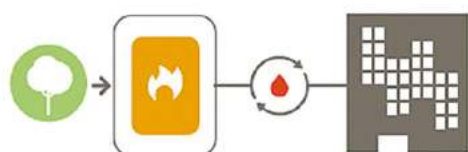
Les différents modes de valorisation de la chaleur bois énergie

Les évolutions technologiques des chaufferies permettent d'opter, depuis plusieurs dizaines d'années, pour le combustible bois énergie dans l'industrie, l'agriculture, le tertiaire, le logement collectif et les bâtiments publics.

Pour les chaufferies collectives dans le secteur de l'habitat et du tertiaire, deux grandes familles de projets se distinguent selon les besoins :

- Les projets réalisés pour le compte du maître d'ouvrage *stricto sensu* (chaufferie dédiée)
- Les projets réalisés par un maître d'ouvrage pour le compte d'usagers (réseau de chaleur juridique)

Chaufferie raccordée à un bâtiment



EXEMPLE DE CHAUDIÈRE DÉDIÉE :

Une maison de retraite (100 résidents)
= une chaufferie bois de 300 kW
= 200 tonnes de bois consommées par an

Chaufferie raccordée à plusieurs bâtiments



EXEMPLE DE RÉSEAU DE CHALEUR :

1 500 équivalents logements
= une chaufferie bois de 2,5 à 3 MW
= 4 000 tonnes de bois consommées par an

Source : Crédit : ADEME - LE BOIS ÉNERGIE, CHAUFFERIES BOIS COLLECTIVES À ALIMENTATION AUTOMATIQUE, 2016

1.2. Chauffage au bois domestique

1.2.1. Chiffres clés⁸

6 834 628

appareils
de chauffage
au bois
domestique
à fin 2019

69 838 GWh

de production thermique
renouvelable
en 2019

10,3 %

de la consommation
finale de chaleur
en 2019

► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2019⁹

Les 6 834 628 appareils de chauffage au bois domestique ont produit 69 838 GWh de chaleur renouvelable en 2019, en France métropolitaine. Le remplacement continu des appareils anciens par des appareils performants permet une meilleure production thermique. Cette production thermique renouvelable couvre 10,3 % de la consommation finale de chaleur.

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 l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME).

Sa vocation : promouvoir l'utilisation du bois par des appareils de chauffage performants dont la conception répond à une charte de qualité exigeante en

termes de rendement énergétique et d'émissions polluantes, sur laquelle s'engagent les fabricants signataires de la charte Flamme Verte. Géré par le Syndicat des énergies renouvelables (SER), Flamme Verte, label de qualité, 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.

8. Source : SER

9. Le modèle de calcul repose sur les études et hypothèses suivantes :

- « Etude sur le chauffage domestique au bois : marchés et approvisionnement. » - réalisée pour le compte de l'ADEME par Solagro, Biomasse Normandie, BVA et Marketing freelance (2013 et 2018)
- « Suivi du marché 2019 des appareils domestiques de chauffage au bois » (Observ'ER)
- 1 ménage = 1 appareil de chauffage au bois domestique
- Une partie des ventes annuelles sert à remplacer des appareils du parc existant. Différents taux de remplacement ont été pris en compte en fonction de la catégorie de l'appareil (ancien, récent et performant) et du combustible.
- Un taux d'abandon a été également introduit pour les ménages qui possèdent un appareil de chauffage au bois, mais qui ont arrêté de s'en servir, voire sont passés à un autre système énergétique.

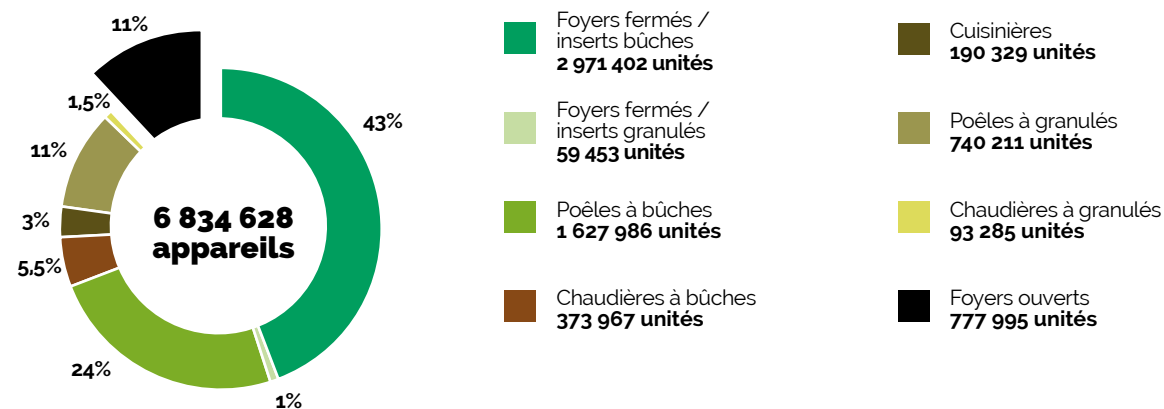
1.2.2. Parc installé

1.2.2.1. Caractéristiques du parc

Bien que la part des foyers ouverts s'élève encore à 11 %, elle se réduit chaque année. En effet, en 7 ans, cette part a diminué d'environ 34 %. Les foyers ouverts sont remplacés par de véritables appareils de chauffage au bois, pour la plupart labellisés Flamme Verte.

Répartition du parc des appareils au bois domestique et foyers ouverts au 31 décembre 2019

Source: ADEME/Observ'ER / SDES / SER

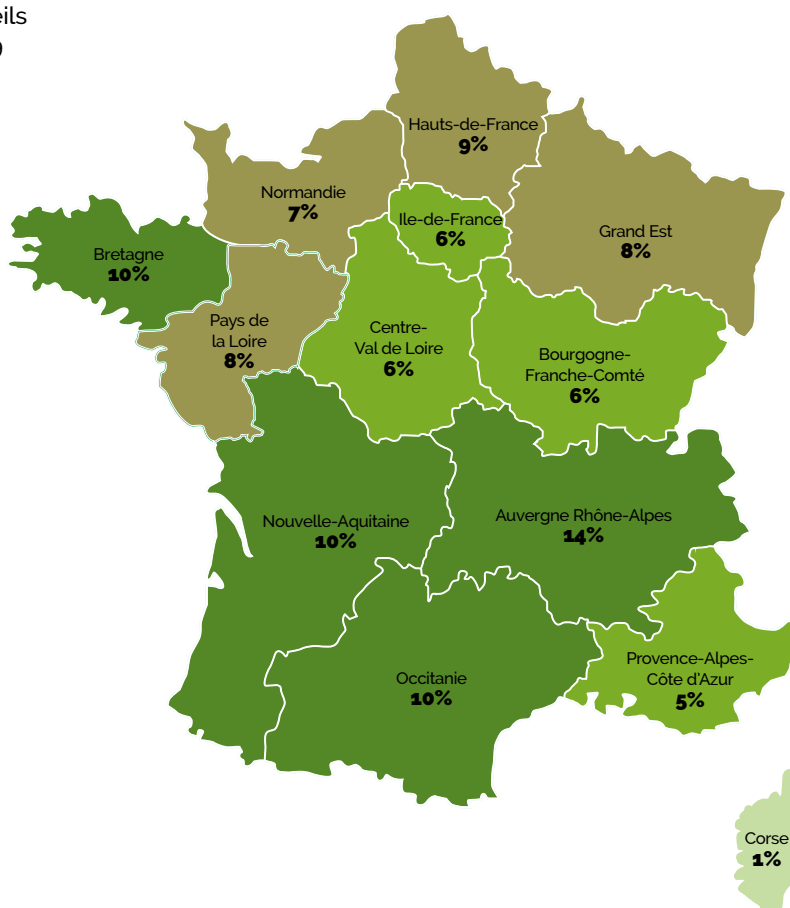
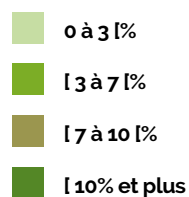


Les appareils indépendants, foyers fermés, inserts et poêles sont toujours majoritaires en 2019 et représentent 79 % du parc national.

1.2.2.2. Répartition régionale des ventes d'appareils en 2019

Répartition régionale des ventes d'appareils de chauffage au bois domestique en 2019

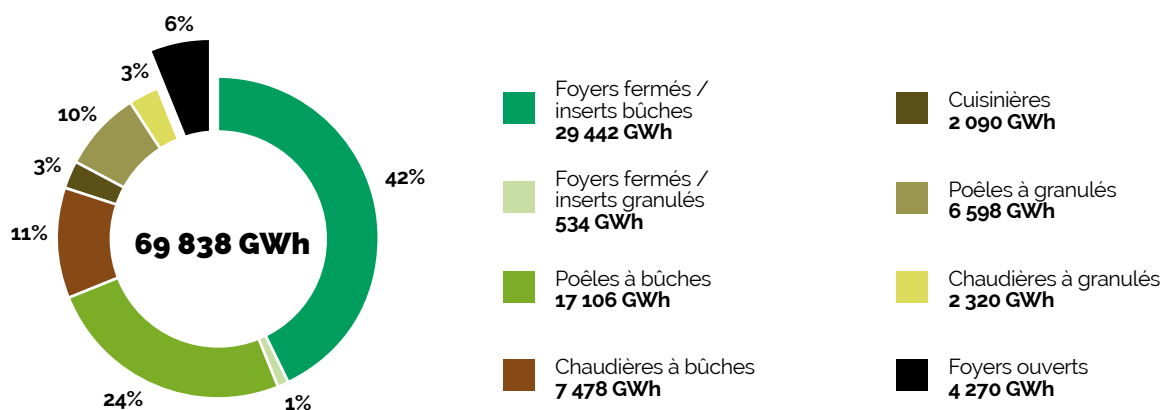
Source : Observ'ER 2019



1.2.2.3. Production de chaleur renouvelable par typologie d'appareils¹⁰

Production de chaleur renouvelable issue des appareils de chauffage au bois domestique au 31 décembre 2019

Source : ADEME / Observ'ER / SDES / SER



Les chaudières à bûches et à granulés ne constituent que 7 % du parc national. Cependant, compte tenu de leur rendement élevé, elles représentent 14 % de la production thermique.

La bûche demeure le combustible le plus utilisé. En effet, 86 % de la production thermique provient de la bûche, contre 14 % des granulés, dont le marché poursuit sa croissance.

1.2.3. Typologie des appareils de chauffage au bois domestique

© Turbo Fonte



Insert et Foyer fermé

Un foyer fermé, aussi appelé insert, est une chambre de combustion métallique comportant une ou plusieurs portes et laissant apparaître le feu à travers des vitres spéciales se substituant au foyer d'une cheminée de chauffage au bois ou intégré dans celui-ci. Les cheminées à foyer fermé permettent un chauffage par combustion lente du bois ainsi qu'une récupération facile de la chaleur émise par convection.

© Invicta Group



Poêle

Un poêle est un appareil individuel de chauffage qui assure ponctuellement le chauffage d'une pièce voire, plus rarement, d'une maison. Les poêles à bois utilisent des bûches ou des granulés.

10. La production de chaleur renouvelable des appareils de chauffage au bois domestique a été calculée en tenant compte de l'isolation et de l'indice de rigueur climatique.



Chaudière

La chaudière est un générateur de chaleur produisant généralement de l'eau chaude pour le chauffage. Une chaudière comporte un corps de chauffe avec un circuit d'eau intégré qui récupère la chaleur produite par un brûleur utilisant un combustible.

- la chaudière à bûches
- la chaudière à granulés
- la chaudière polycombustible
- la chaudière à plaquettes



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 en fonte.

1.3. Caractéristiques et enjeux

1.3.1. Définitions et typologies

LE BOIS ÉNERGIE désigne l'utilisation du bois en tant que combustible, employé sous différentes formes (plaquettes, granulés et bûches) et dans différentes installations (domestiques, tertiaires, industrielles ou collectives, alimentant ou non des réseaux de chaleur)¹¹.

Typologie des combustibles pour le bois énergie

LES COMBUSTIBLES BOIS ISSUS DE LA FORÊT

- Le bois bûche
- Les plaquettes forestières
- Les plaquettes des cultures à renouvellement rapide (ou Taillis à Courte Rotation « TCR ») comme le peuplier

LES COMBUSTIBLES BOIS EN FIN DE VIE

- La récupération et le recyclage des emballages bois (palettes, caisses, etc.)
- Les déchets d'éléments d'ameublement
- Les déchets de démolition et de déconstruction

LES COMBUSTIBLES BOIS ISSUS DE L'INDUSTRIE

- Les granulés (ou « pellets », terme anglais)
- Les briquettes et bûchettes reconstituées
- Les produits issus des connexes de scierie (écorces, bois déchiquetés, sciures, etc.)
- Les produits intermédiaires issus du process de production (liqueurs noires, etc.)

LES COMBUSTIBLES BOIS HORS FORÊT

- Bois bocager, bois d'égamage, bois urbain
- Déchets verts, refus de compost

¹¹. Questions/Réponses Bois Energie, SER.

FOCUS SUR LE GISEMENT DE BOIS FORESTIER EN FRANCE

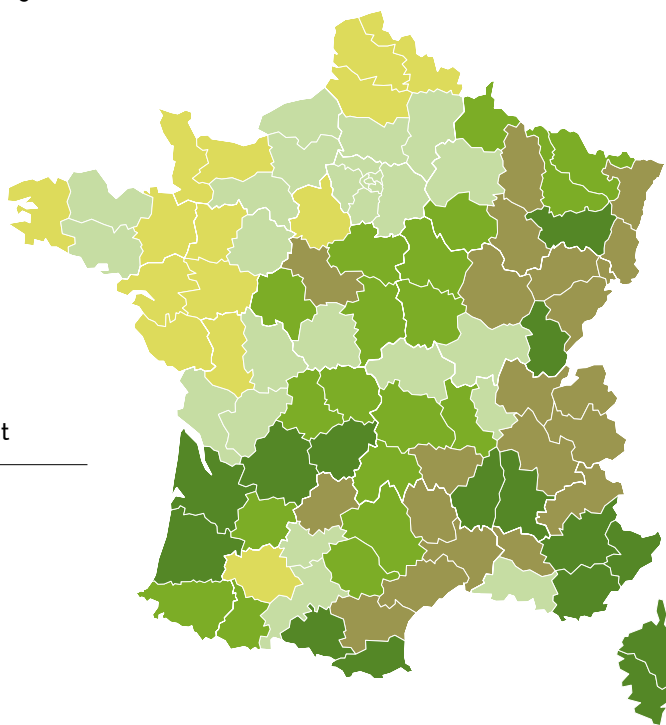
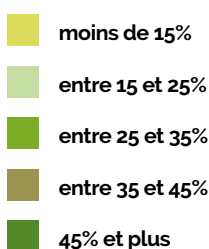
Avec une surface forestière de presque 17 millions d'hectares, recouvrant près de 31 % de son territoire, la France métropolitaine se place en quatrième position des pays européens derrière la Suède, la Finlande et l'Espagne. Notre pays dispose également d'une surface de 8,25 millions d'hectares en outre-mer, dont 97 % en Guyane. Il s'agit de l'occupation du sol la plus importante après l'agriculture.

La forêt privée représente 75 % de la forêt française métropolitaine. Très morcelée, elle appartient à plus de 3,3 millions de propriétaires privés, dont 2,2 millions possèdent moins d'un hectare. La forêt publique, quant à elle, représente 25 % de la forêt.

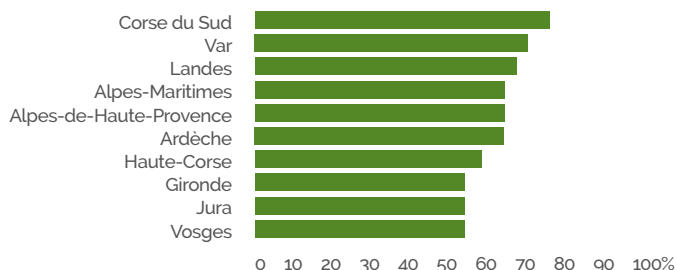
Selon les données de l'IGN, en moyenne sur la période 2009-2017, l'accroissement naturel de bois sur pied s'élève en France métropolitaine à 90,8 millions de m³/an. La production annuelle moyenne est de 5,7 m³/ha/an sur l'ensemble de la métropole. Sur la même période, le volume de prélèvement de bois d'œuvre, bois d'industrie et bois énergie s'élève en moyenne à 48 millions de m³/an, ce qui représente seulement 52,8 % de l'accroissement naturel. Le potentiel forestier est donc très important et répond aux besoins actuels, mais reste sous exploité. Le volume de bois sur pied de la forêt métropolitaine, c'est-à-dire son capital, s'élève lui à 2,8 milliards de m³, soit 174 m³ par hectare. Enfin, 19,8 millions de m³ de bois supplémentaires pourraient être mobilisés annuellement à l'horizon 2035, tout en assurant la durabilité de la forêt française.

Taux de boisement des départements français en 2019

Source : IGN 2019, inventaire forestier¹²



Les dix départements au plus fort taux de boisement



Le Plan « Déchet Bois », issu du Comité Stratégique Filière Bois, évalue le gisement supplémentaire de déchets de bois, mobilisable grâce à un meilleur tri et au détournement de la mise en stockage, à 1,3 million de tonnes à l'horizon 2025. 70 % de ce gisement, soit 0,9 million de tonnes, serait destiné à l'énergie.

12. La carte présente les taux de boisement par département, à savoir la moyenne des campagnes d'inventaire de 2013 à 2018.

1.3.2. Atouts

Dans le cadre de la transition énergétique, le bois énergie présente plusieurs intérêts. Il permet :

- d'encourager une transition énergétique réussie en remplaçant efficacement les énergies fossiles par une énergie renouvelable à la maturité prouvée, tout en renforçant l'indépendance énergétique française ;

- de consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois ;

- de participer à l'amélioration de la gestion forestière, de la gestion des déchets verts et de bois de recyclage ;

- de plus, il est une composante de l'ensemble de la filière bois : bois d'oeuvre, bois d'industrie, bois énergie.

1.3.3. Économie

Première source d'énergie renouvelable en France, la filière bois énergie représente, directement et indirectement, 52 800 équivalents temps plein, dont 26 100 ETP dans la filière bois domestique et 26 700 ETP dans celle du bois collectif¹³.

Le marché de la filière bois domestique représente 3,1 milliards d'euros de chiffre d'affaires, celui du bois collectif s'élève à 1,6 milliards d'euros¹⁴.



En 2019, les filières bois énergie ont permis l'économie d'environ **21,05 millions de tonnes de CO₂**. Il s'agit de tonnes de CO₂ évitées, sans tenir compte des effets sur le puits carbone de la forêt.

1.3.4. Exemple de réalisation

Chaudière granulés / plaquettes de l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile de Toulouse (31)



© Emmanuel Pichot

Dans l'objectif de diminuer de 40 % ses émissions de CO₂ entre 1990 et 2030, l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile s'est dotée d'une chaudière biomasse de 800 kW, raccordée à un réseau de chaleur de 2,3 km, lui permettant ainsi de couvrir pour la période du 01/10/2019 au 31/09/2020, 70% des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Cette chaudière fonctionne au granulé de bois.

Chiffres clés :

- **3,50 GWh/an** de production thermique
- **803 tonnes de bois par an** (100 % granulés de bois issus du site de production KWATT - Saint Paul de Jarrat (09))
- **70 % des besoins thermiques** du campus assurés par la chaudière bois
- **760 tonnes de CO₂ évitées par an**
- **Financement** : 62 % par l'ADEME Fonds Chaleur et 35 % par Alliaserv-TPF

13. SER & EY, Évaluation et analyse de la contribution des énergies renouvelables à l'économie de la France et de ses territoires

14. Source : Étude marché et emplois de l'ADEME & InNumeri - Juillet 2020



© Mitsubishi Electric / Ecodon Hydrobox

2. Pompes à chaleur aérothermiques

2.1. Chiffres clés	17
2.2. Parc installé	17
2.2.1. Caractéristiques du parc	17
2.2.2. Production des installations	17
2.2.3. Marché 2019	18
2.3. Caractéristiques et enjeux	18

2.1. Chiffres clés

7,7 millions
d'équipements
installés
à fin 2019

30 431 GWh
de production
thermique
renouvelable
en 2019

4,5 %
de la consommation
finale de chaleur
en 2019

► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIERE AU 31 DECEMBRE 2019

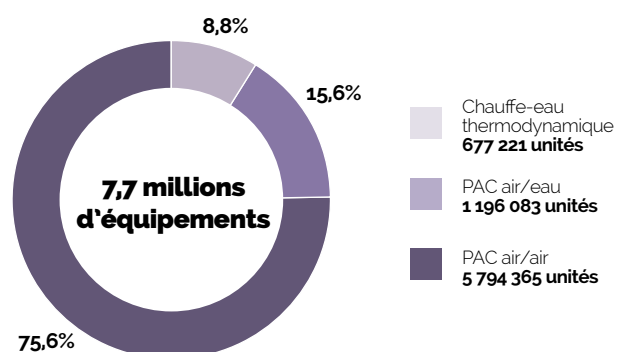
La production thermique renouvelable des pompes à chaleur aérothermiques s'élève à 30 431 GWh en 2019 en France métropolitaine et couvre 4,5 % de la consommation finale de chaleur sur cette même année. Le parc se compose de 7,7 millions d'équipements.

2.2. Parc installé¹⁵

2.2.1. Caractéristiques du parc

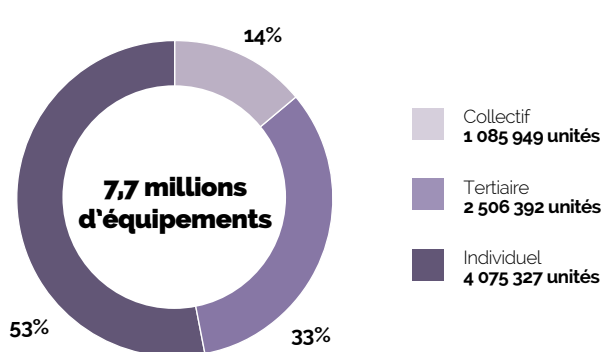
Nombre d'équipements installés par type de technologie au 31 décembre 2019

Source: AFPAC, CEREN, Uniclimate



Nombre d'équipements installés par secteur au 31 décembre 2019

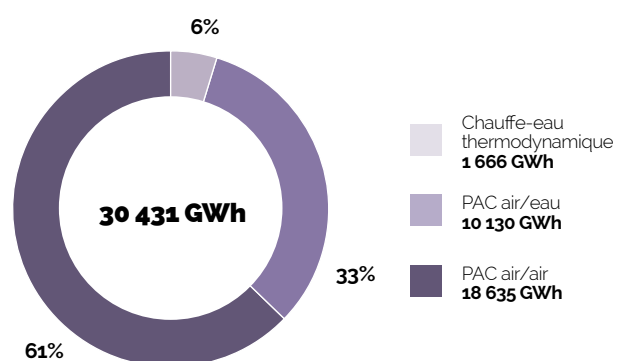
Source: AFPAC, CEREN, Uniclimate



2.2.2. Production des installations

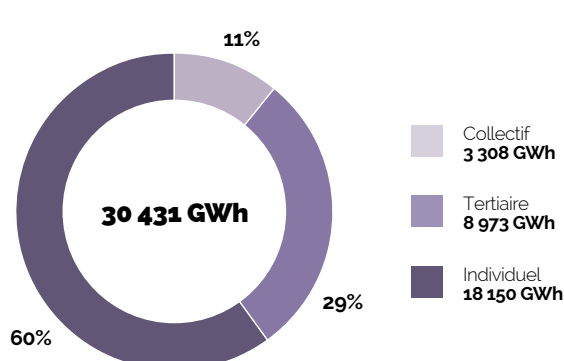
Production thermique renouvelable par type de technologie au 31 décembre 2019 (en GWh)

Source: AFPAC, CEREN, Uniclimate



Production thermique renouvelable par secteur au 31 décembre 2019 (en GWh)

Source: AFPAC, CEREN, Uniclimate



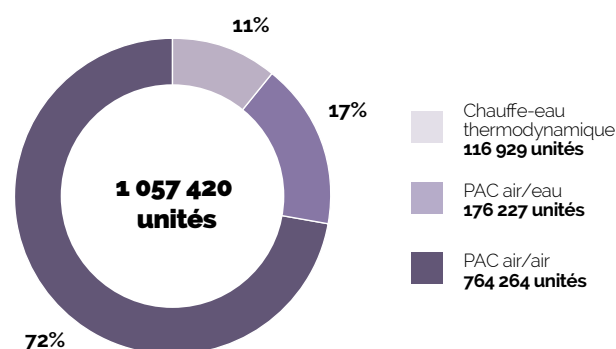
15. Typologie des technologies de PAC :

- Un chauffe-eau thermodynamique permet de produire de l'eau chaude sanitaire de manière autonome grâce à un système thermodynamique intégré au ballon de stockage.
- La catégorie PAC air/eau inclut les chillers (refroidisseurs de liquide) également réversibles.

2.2.3. Marché 2019

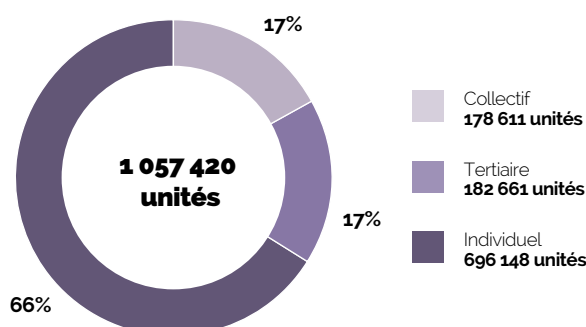
Répartition des ventes par type de technologie en 2019

Source: AFPAC, CEREN, Uniclimate



Répartition des ventes par secteur en 2019

Source: AFPAC, CEREN, Uniclimate



2.3. Caractéristiques et enjeux

2.3.1. Définition et typologies

Une pompe à chaleur aérothermique puise l'énergie 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. Les différentes typologies de PAC aérothermiques disponibles sont :

- 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) ;
- 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 ;

- Chauffe-eau thermodynamique : 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 de PAC permettent ainsi de :

- chauffer ou rafraîchir les locaux
- produire également de l'eau chaude sanitaire (ECS)

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). Le COP représente le nombre de kWh de chaleur produits pour 1 kWh d'électricité ou de gaz consommé. Une pompe à chaleur avec un coefficient de performance élevé permet ainsi de réduire considérablement la consommation d'énergie électrique ou fossile.

2.3.2. Atouts

La filière des pompes à chaleur aérothermiques présente plusieurs atouts. Elle permet :

- d'encourager une transition énergétique réussie en remplaçant efficacement les énergies fossiles par une énergie renouvelable à la maturité prouvée, tout en renforçant l'indépendance énergétique française ;
- de consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois ;

- de produire du chaud et du froid renouvelables via les PAC réversibles ou les thermo-frigo-pompes (production simultanée de chaud et de froid) ;
- d'atteindre aisément les exigences réglementaires de la RT2012, du bâtiment à énergie positive (BEPOS) et des labels haute qualité environnementale (HQE).

2.3.3. Économie

Avec 20 sites industriels en France, la filière réalise un chiffre d'affaires de 3 milliards d'euros en 2019¹⁶, avec un marché en progression de 76,7 % par rapport à 2018. Elle compte 32 000 emplois directs et indirects (fabrication, distribution, installation et maintenance) en 2019¹⁷.

Le marché des PAC aérothermiques progresse de façon

constante depuis plusieurs années, pour l'ensemble des typologies. En 2019, le marché des PAC air/eau a connu une forte progression grâce au coup de pouce chauffage pour le remplacement de chaudières anciennes. Les ventes ont ainsi augmenté de 33,2 % entre 2018 et 2019.

Le marché français des PAC est numéro 1 en Europe¹⁸.



En 2019, la filière PAC a permis l'économie d'environ 13 millions de tonnes de CO₂¹⁹.

2.3.4. Exemple de réalisation

PAC collective pour le chauffage et la production d'ECS d'un immeuble de logements privés à Franconville (95).



© Auer

Chiffres clés :

- Performances de la PAC : **COP chauffage de 4,4** et **COP ECS de 3,5**.
- Économie : **gain de 200 € par logement** sur le coût d'investissement par rapport à une solution traditionnelle

A Franconville, un immeuble de 110 logements privés a fait le choix d'installer une pompe à chaleur aérothermique collective pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire. Le bâtiment, d'une surface totale habitable de 5 833 m², atteint un niveau Energie 2 et Carbone 2 selon le Label E+C-. Le système de chauffage est constitué de 10 PAC Auer haute température chacune de 35 kW, d'un ballon d'eau chaude de 2 500 L et d'un ballon réchauffeur de boucle de 500 L.

gaz collective et **gains sur les consommations d'énergie de 30 %**.

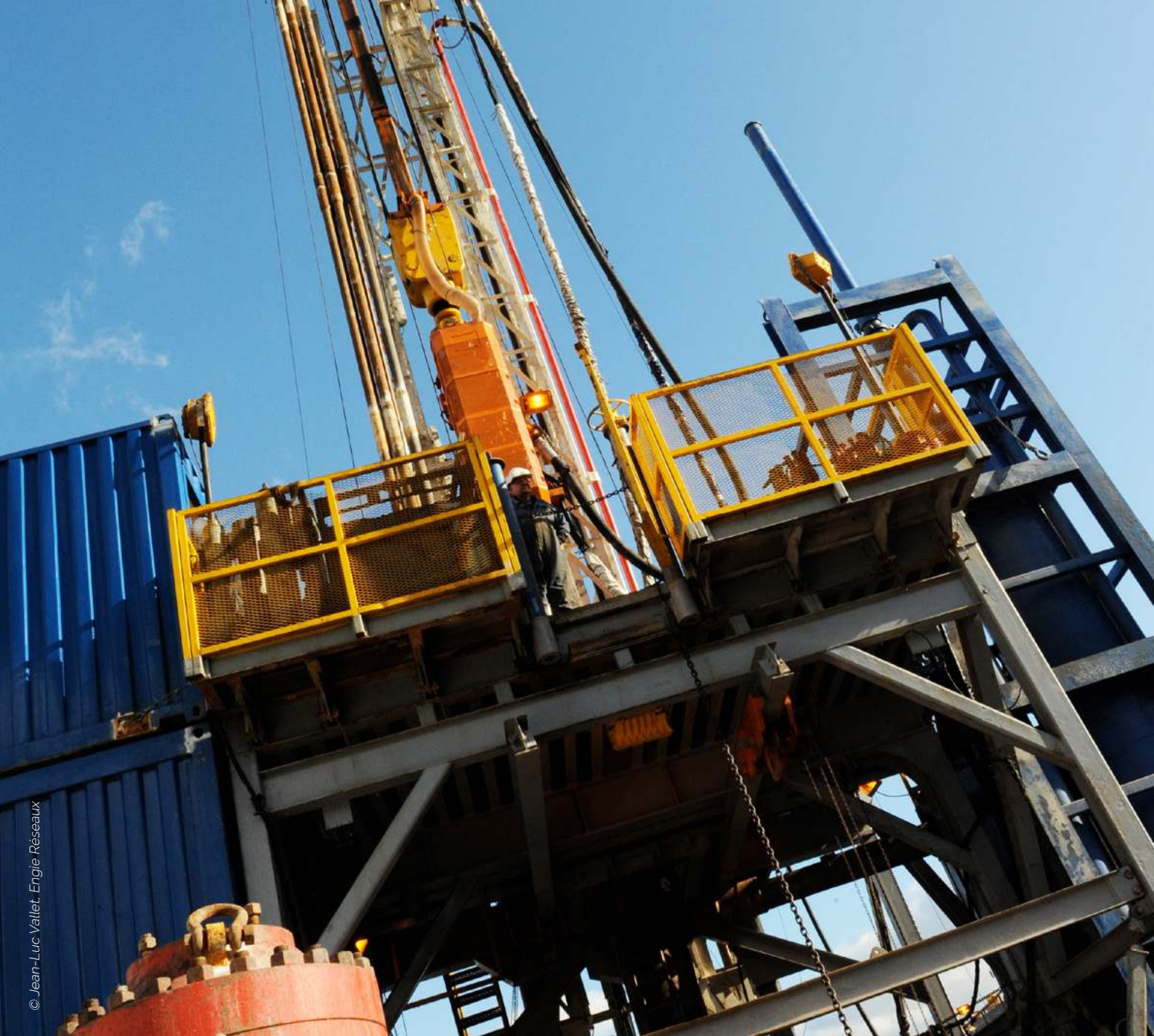
- Gain de place en supprimant la chaufferie au profit d'un simple local technique et création de places de parking supplémentaires..

16. Source : Etude marché et emplois de l'ADEME & InNumeri - Juillet 2020

17. Source : AFPAC 2019

18. Source : EHPA

19. PAC géothermiques comprises, source UNICLIMA.



3. Géothermie

3.1. Géothermie de surface

21

3.1.1. Chiffres clés

21

3.1.2. Parc installé

21

3.2. Géothermie profonde

22

3.2.1. Chiffres clés

22

3.2.2. Parc installé

22

3.3. Caractéristiques et enjeux

23

3.1. Géothermie de surface

3.1.1. Chiffres clés



► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2019

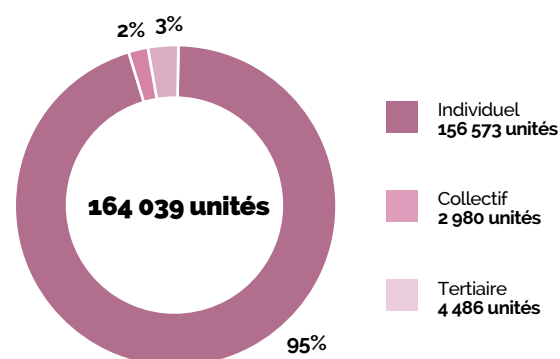
La production thermique renouvelable des PAC géothermiques s'élève à 4 492 GWh en 2019 en France métropolitaine et couvre 0,7 % de la consommation finale de chaleur sur cette même année. Le parc se compose de 164 039 équipements.

3.1.2. Parc installé

3.1.2.1. Caractéristiques du parc

Nombre de PAC géothermiques installées par secteur au 31 décembre 2019

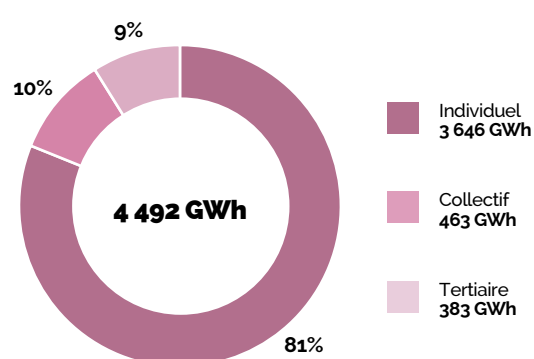
Source: AFPAC, CEREN, Uniclimate



3.1.2.2. Production des installations

Production thermique renouvelable des PAC géothermiques par secteur au 31 décembre 2019

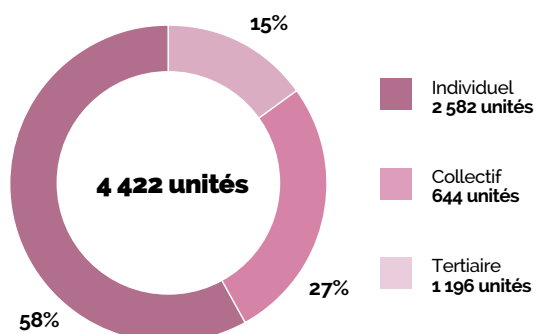
Source: AFPAC, CEREN, Uniclimate



3.1.2.3. Marché 2019

Répartition des ventes de PAC géothermiques par secteur en 2019

Source: AFPAC, CEREN, Uniclimate



3.2. Géothermie profonde

3.2.1. Chiffres clés



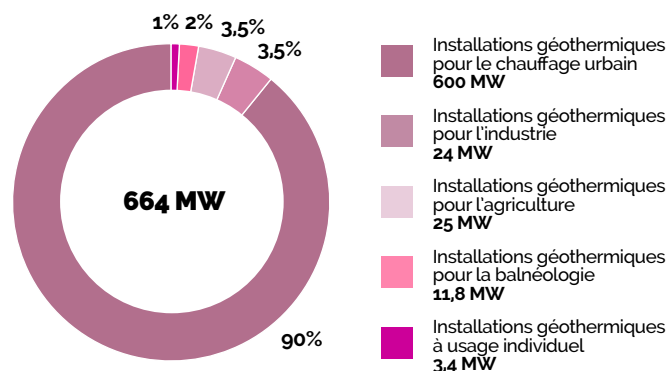
► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2019

La production thermique renouvelable des équipements de la filière géothermie profonde s'élève fin 2019 à 1 991 GWh en France, couvrant 0,3 % de la consommation finale de chaleur. La géothermie profonde regroupe 80 opérations en fonctionnement dont 52 en Île-de-France.

3.2.2. Parc installé

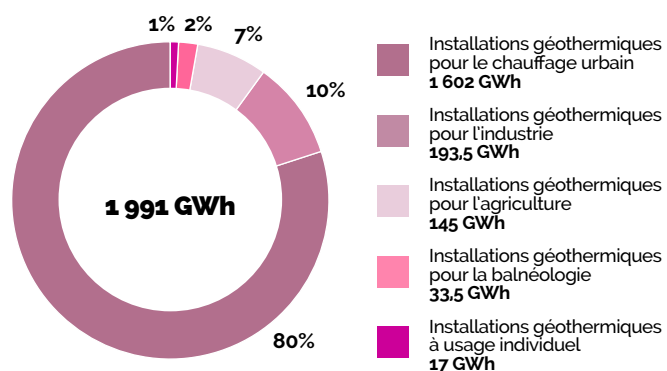
Capacité installée par usage au 31 décembre 2019
(en MW)

Source : EGEC et BRGM



Production de chaleur renouvelable annuelle
par usage au 31 décembre 2019 (en GWh)

Source : EGEC et BRGM



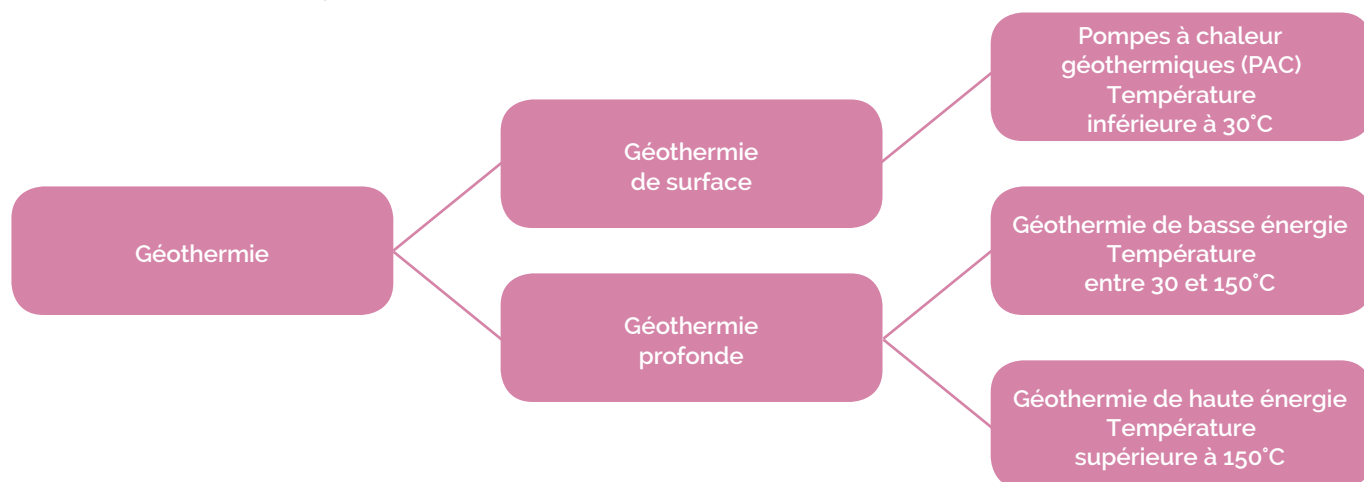
3.3. Caractéristiques et enjeux

3.3.1. Définitions et typologies

LA GÉOTHERMIE

Le principe de la géothermie consiste à récupérer l'énergie disponible sous la surface de la terre. Dans certains cas, on utilise également l'inertie thermique et le fait que la température du sol subit moins de variations saisonnières que la température de surface. Plus globalement, la géothermie concerne la ressource ainsi que ses caractéristiques, et les méthodes mises en oeuvre pour utiliser cette ressource. En

géothermie, moins il y a besoin de puissance pour l'usage final, moins la source a besoin d'être chaude. Selon la profondeur, et donc la température, les usages sont différents. Dès lors, on distingue deux grandes catégories : géothermie de surface et géothermie profonde.



La géothermie de surface représente la part des pompes à chaleur qui puisent l'énergie dans le sol ou dans l'eau. Elle convient ainsi à une utilisation individuelle, mais peut également être utilisée efficacement dans les secteurs collectif et tertiaire.

La géothermie profonde, avec une température comprise entre 30°C et 150°, demande un forage plus profond, mais est capable de fournir de la chaleur (et du froid) à plusieurs bâtiments, directement ou via un réseau de chaleur. Elle convient donc plutôt aux secteurs collectif et tertiaire.

3.3.2. Atouts

La filière géothermie présente plusieurs atouts :

- elle permet d'encourager une transition énergétique réussie en remplaçant efficacement les énergies fossiles par une énergie renouvelable à la maturité prouvée, tout en renforçant l'indépendance énergétique française ;
- elle permet également de consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois ;

- la géothermie est une énergie très performante : la géothermie profonde est notamment l'une des énergies renouvelables les plus compétitives en ce qui concerne les prix de vente de la chaleur distribuée par les réseaux de chaleur ;
- en plus de produire de la chaleur, la géothermie de surface peut également produire du froid et du rafraîchissement, de manière efficace et quasi gratuite.

3.3.3. Économie

En 2019, la filière géothermie représente un chiffre d'affaires de plus de 520 millions d'euros²⁰ et 2 500 emplois directs²¹.

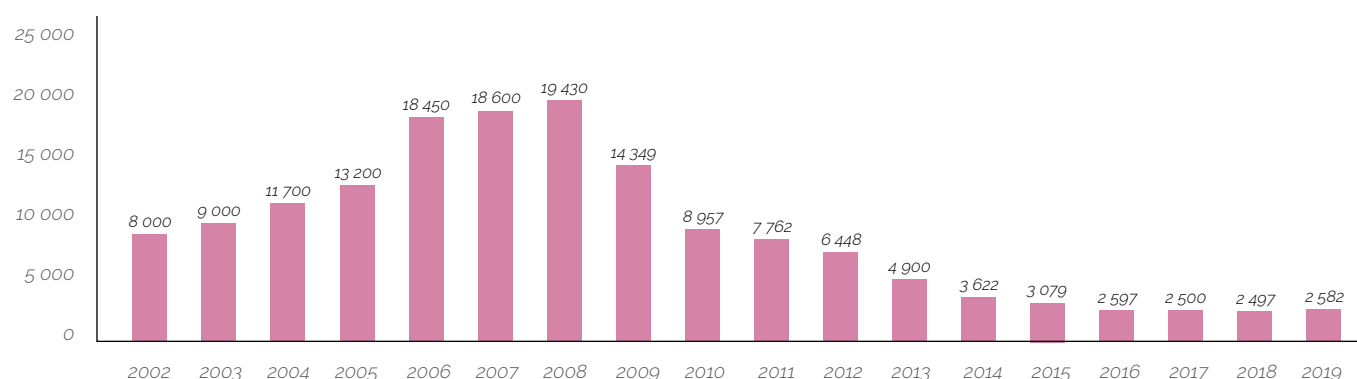
LA GÉOTHERMIE DE SURFACE

Malgré ses nombreux atouts et les progrès réalisés par la filière, le nombre de nouvelles installations annuelles de PAC géothermiques est en forte baisse dans le secteur individuel, passant de 19 000 en 2007 à 2 582 en 2019, et la France accentue son retard sur ses voisins. Bien que des mesures positives aient été prises ces dernières années, elles ne suffisent pas à redynamiser le secteur dont les ventes restent faibles. Sans mesure rapide et efficace, les objectifs de développement du marché de la PAC géothermique deviendront inatteignables.

A l'inverse, le marché se développe de manière plus encourageante dans les secteurs du logement collectif et tertiaire. Afin de dynamiser la filière, les professionnels de la filière préconisent la mise en place d'un réseau d'animateurs régionaux spécialistes de la géothermie pour qu'il devienne le relais de formation et d'information tant pour les particuliers que pour les institutionnels publics ou privés. Cette mesure est simple et peu coûteuse à mettre en place. La création d'une prime majorée pourrait également favoriser l'installation de systèmes de géothermie de surface dans le secteur domestique.

Nombre de PAC géothermiques livrées dans le domestique par an (2 à 50 KWh)

Source : AFPAC



LA GÉOTHERMIE PROFONDE

Les coûts d'investissement de la géothermie sont élevés mais ses coûts de fonctionnement sont réduits et stables, ce qui offre une rentabilité à moyen et long terme. Les professionnels préconisent le renforcement du Fonds chaleur pour surmonter l'obstacle financier lié à la mise en place des installations.

Afin de promouvoir la filière, ils souhaitent également que les pouvoirs publics accompagnent une campagne nationale d'exploration des aquifères profonds peu connus pour que le gisement important de la France soit mieux exploité.

²⁰ Source : Etude marché et emplois de l'ADEME & InNumeri - Juillet 2020

²¹ Source : Etude EY & SER, Évaluation et analyse de la contribution des énergies renouvelables à l'économie de la France et de ses territoires.

3.3.4. Exemples de réalisations

Géothermie de surface pour le Silex dans la ville d'Auxerre (89)

© Communauté de l'auxerrois



En Bourgogne-Franche-Comté, le Silex d'Auxerre est une salle de spectacle qui a fait le choix d'installer un système de géothermie sur nappe et sur pieux pour produire de la chaleur et du frais. Cette décision s'inscrit dans une démarche de développement durable en partenariat avec l'ADEME et EDF. L'installation de gros œuvre (pieux géothermiques) a été réalisée par les entreprises Gebat et Duval.

Chiffres clés :

- Une surface de **2 500 m²** avec deux salles de spectacle de 500 et 200 places
- **24 pieux de fondation géothermiques en béton armé de 7 m de profondeur**
- **Appoint/secours** par un forage sur nappe de **30 m³/h**
- **1 PAC de 240 kW en chaud et 196 kW en froid**
- 4 Centrales de Traitement d'Air pour le chauffage et le rafraîchissement
- Coût d'investissement de **108 000 €** sur un total de 5,15 M€ dont une aide de 41 218 € de l'ADEME et 15 000 € d'EDF
- Consommation : **175 MWh pour le chaud et 56 MWh pour le froid**
- **34 tonnes d'équivalents CO₂ évitées par an** par rapport à un système classique de production de chaud et de froid

L'opération de géothermie profonde de Grigny en Île-de-France (91)

© SMP



En 2017, la centrale de géothermie profonde de Grigny voit le jour et se raccorde au réseau de chaleur urbain des villes de Grigny et de Viry-Châtillon. La centrale exploite l'aquifère du Dogger grâce à un doublet de forage à 1 600 m de profondeur et alimente ainsi 10 000 logements et plusieurs bâtiments publics.

Chiffres clés :

- Bénéficiaires : **10 000 logements** et une **trentaine de bâtiments publics chauffés par géothermie**
- Doublet de forage : **1 600 m** de profondeur prélevant une eau à 71°C
- Coût total : **29,1 millions d'euros** dont 6,2 millions d'euros attribués par le Fonds Chaleur de l'ADEME
- **15 000 tonnes d'équivalents CO₂ évitées par an**

Focus sur le gisement géothermique en France

Si la géothermie de surface peut être installée facilement sur tout le territoire, l'exploitation de la géothermie profonde se limite à des formations géologiques suffisamment profondes et perméables, qui renferment des aquifères dont l'eau s'est réchauffée en profondeur au contact des roches. Ces ressources sont exploitées pour produire de la chaleur et/ou de l'électricité. Il est important de souligner que la France dispose d'un gisement géothermique très favorable, dont une grande partie reste encore à explorer plus en détail.

La géothermie profonde valorise directement la chaleur des formations sédimentaires de haute porosité et perméabilité, situées entre 500 et 2 500 mètres de profondeur. La température des eaux de ces gisements est comprise entre 30 et 90°C. Ces ressources sont couramment exploitées

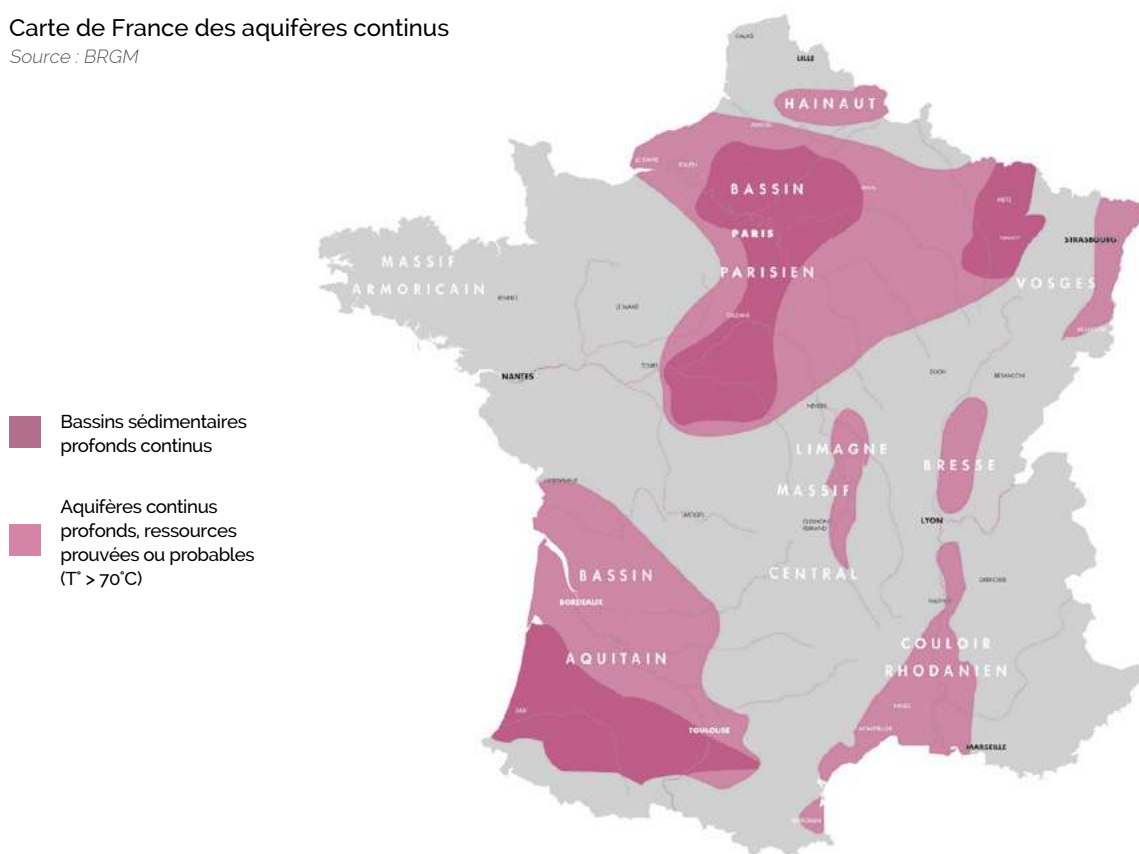
pour le chauffage urbain, le chauffage de serres, de piscines et d'établissements thermaux, l'aquiculture ou le séchage de produits agricoles.

La région parisienne accueille notamment la plus grande densité au monde de réseaux de chaleur géothermique en exploitant l'aquifère du Dogger et les formations sableuses de l'Albien ou du Néocomien, avec 52 opérations en fonctionnement, desservant environ 1 million d'habitants²². Les mises en place du Fonds chaleur et des lois Grenelle I et II ont permis la réalisation de 59 nouveaux forages depuis 2007.

Outre l'Île-de-France, 34 opérations ont été réalisées dans le reste de la France, dont près de deux tiers fonctionnent toujours actuellement²³.

Carte de France des aquifères continus

Source : BRGM



22. Source : IEA Geothermal, 2019 France Country Report.

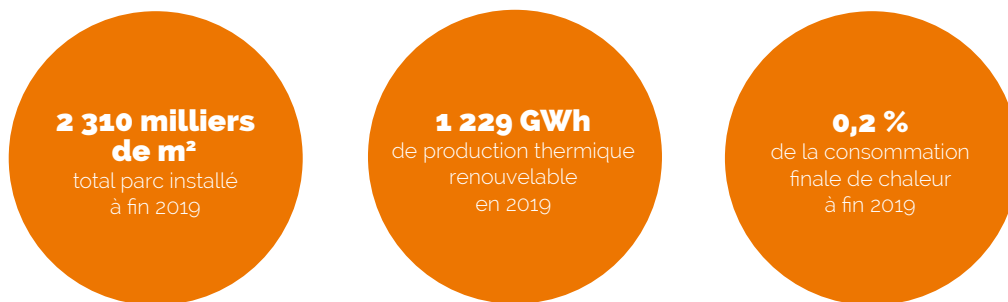
23. 2019 EGEC Geothermal Market Report Annexes



4. Chaleur solaire

4.1. Chiffres clés	28
4.2. Parc installé	28
4.2.1. Caractéristiques du parc installé	28
4.2.2. Répartition régionale du parc	29
4.2.3. Production des installations	30
4.2.4. Marché 2019	31
4.3. Caractéristiques et enjeux	32

4.1. Chiffres clés²⁴



► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2019

En 2019, 95 000 m² de capteurs solaires thermiques ont été installés en France métropolitaine et 44 000 m² dans les DROM, amenant ainsi la surface totale installée à 3 343 000 m² en France métropolitaine et DROM, dont 50 070 m² de surface installée étaient destinés à l'usage industrie.^{25 & 26}

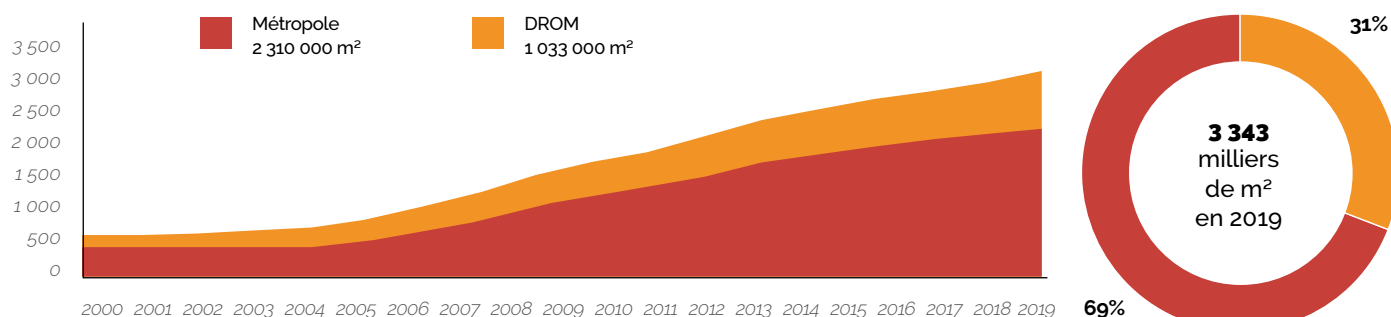
En 2019, la production totale de chaleur renouvelable solaire s'élève à environ 2 178 GWh, dont 1 229 GWh en France métropolitaine, soit 0,2 % de la consommation finale de chaleur.

4.2. Parc installé

4.2.1. Caractéristiques du parc installé

Évolution de la surface annuelle installée en milliers de m²

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



24. Les données présentées dans ce chapitre ont été consolidées par UNICLIMA sur la base de données réelles et à l'aide de différentes hypothèses de calcul.

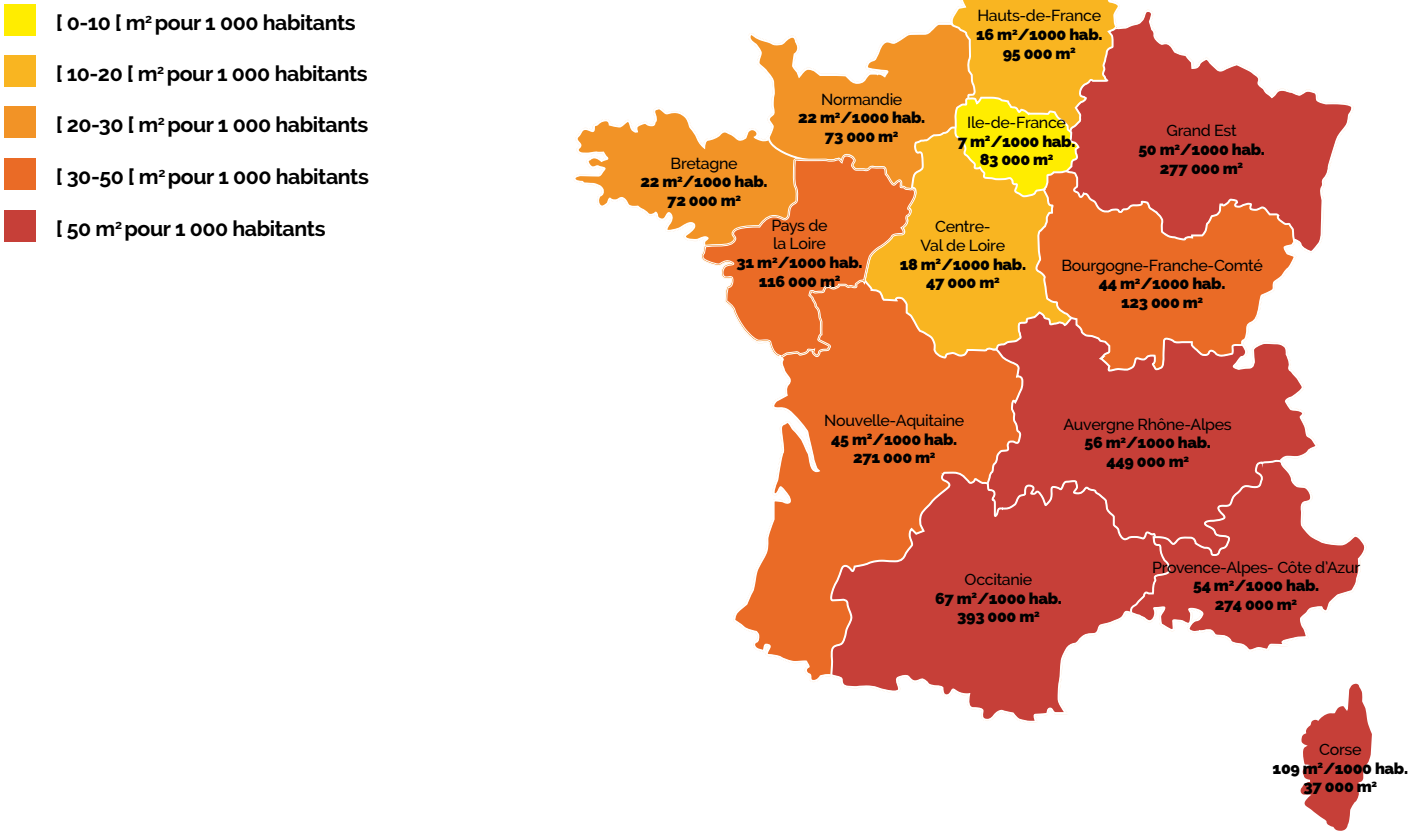
25. Source : ADEME, décembre 2019

26. Ces données ne sont pas comptabilisées dans les autres graphiques du chapitre

4.2.2. Répartition régionale du parc

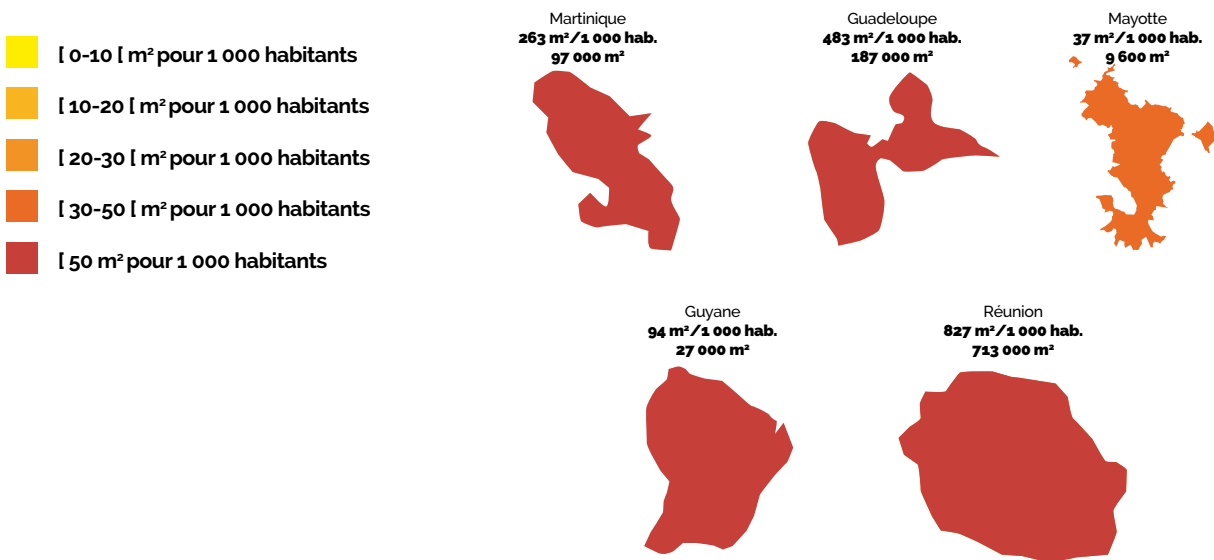
Répartition régionale de la surface totale installée de panneaux solaires thermiques pour 1 000 habitants et de la surface totale installée au 31 décembre 2019 en métropole

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



Répartition régionale de la surface totale installée de panneaux solaires thermiques pour 1000 habitants et de la surface totale installée au 31 décembre 2019 dans les DROM

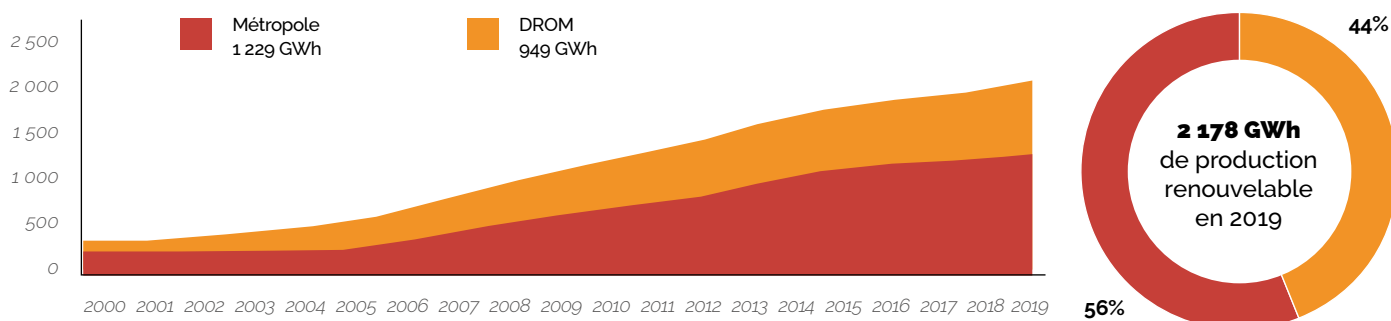
Source : SDES, d'après Observ'ER et UNICLIMA



4.2.3. Production des installations

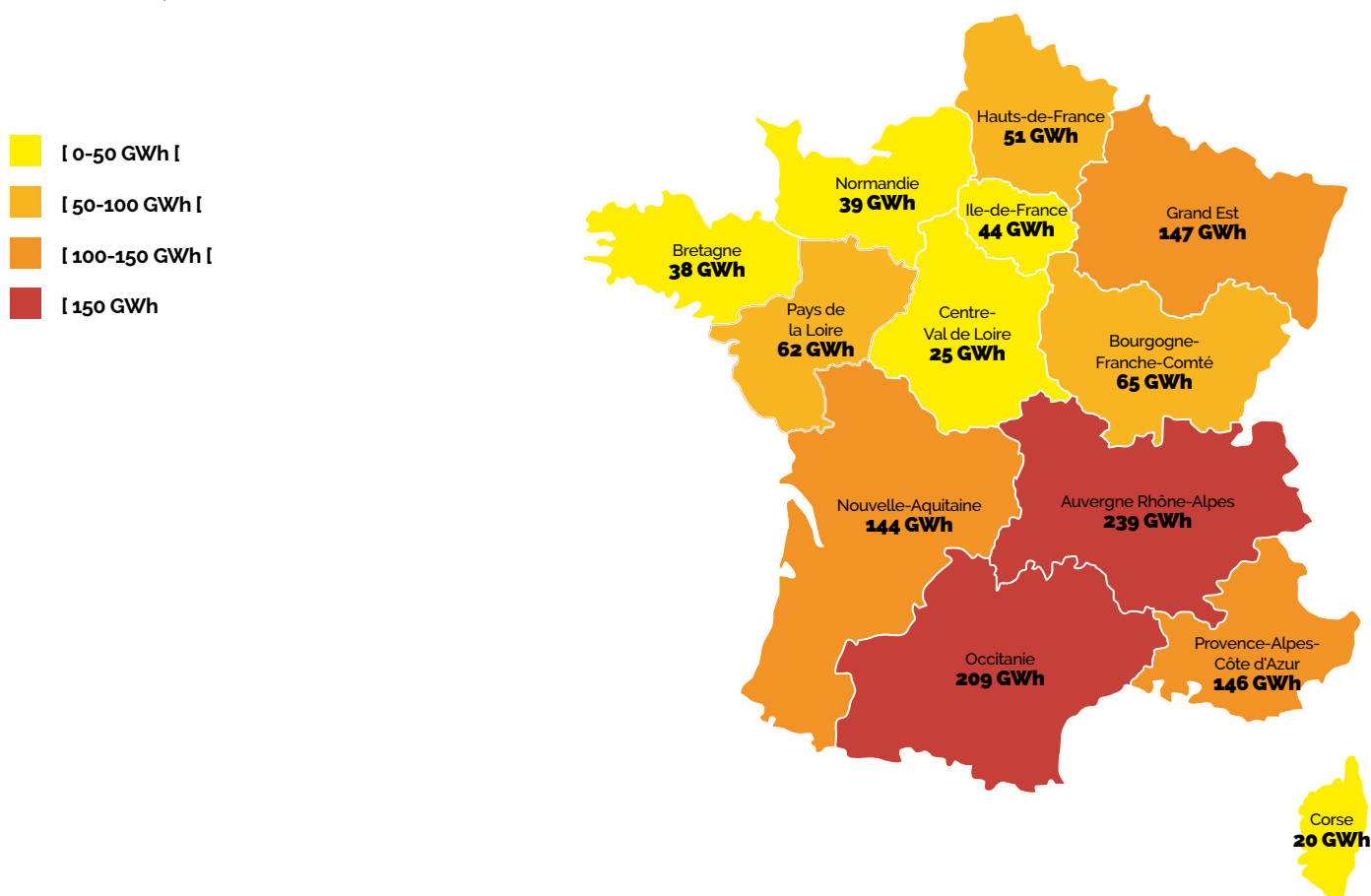
Évolution de la production de chaleur renouvelable du parc en GWh

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



Répartition régionale de la production de chaleur renouvelable solaire au 31 décembre 2019 en métropole

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



Répartition régionale de la production de chaleur renouvelable solaire au 31 décembre 2019 dans les DROM

Source : SDES, d'après Observ'ER

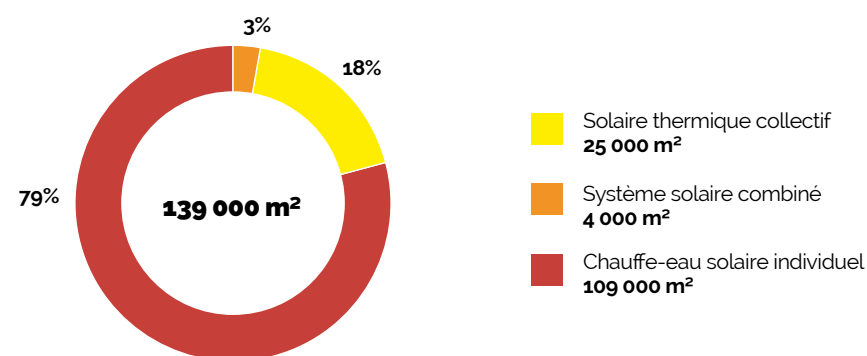


Caractérisés par un gisement solaire important, les DROM concourent à 44 % de la production totale des installations solaires thermiques alors qu'ils ne représentent que 31 % de la surface totale installée de capteurs solaires en France.

4.2.4. Marché 2019

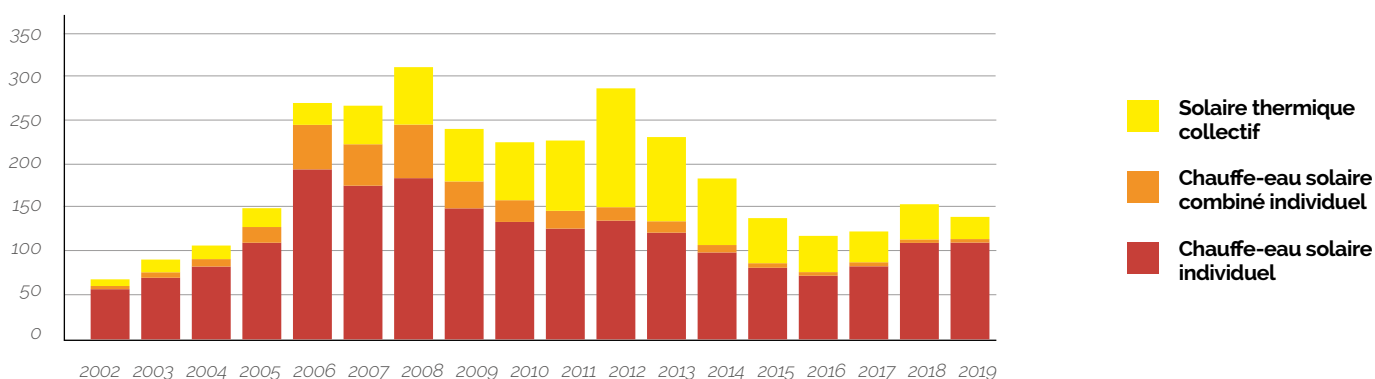
Répartition des nouvelles installations en milliers de m² par type de technologie au 31 décembre 2019 (Métropole + DROM)

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



Nouvelles installations solaires thermiques mises en service chaque année en France (Métropole + DROM)
Surfaces annuelles installées, en milliers de m²

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



4.3. Caractéristiques et enjeux

4.3.1. Définitions et typologies

Les capteurs solaires thermiques transforment le rayonnement solaire en chaleur. Cette dernière est ensuite transmise à l'intérieur des bâtiments par un fluide caloporteur pour des usages spécifiques.

Les différents systèmes solaires sont les suivants :

- **Chauffe-eau solaire individuel (CESI)** : la chaleur récupérée par panneaux solaires est transmise à un ballon pour l'eau chaude sanitaire. Un appoint est nécessaire, intégré dans le ballon.
- **Système solaire combiné (SSC)** : en plus de chauffer un ballon d'eau chaude, il peut également chauffer directement un

habitat ; il est relié à un système de chauffage traditionnel en appoint.

- **Chaleur solaire collective** : 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 le tertiaire.

Les applications de la chaleur solaire sont donc multiples : production d'eau chaude sanitaire, chauffage basse température, chauffage de piscines. D'autres applications se développent : la production de chaleur pour les réseaux de chaleur, la chaleur de process ou même la production de froid, etc.

4.3.2. Atouts

La chaleur solaire présente de nombreux atouts. Elle permet :

- d'encourager une transition énergétique réussie en remplaçant efficacement les énergies fossiles par une énergie renouvelable à la maturité prouvée, tout en renforçant l'indépendance énergétique française ;
- de consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois, notamment dans l'industrie française du solaire ;
- dans le secteur industriel en général, de couvrir différents usages, selon différents régimes de températures et avec une grande modularité ;
- de présenter une longue durée de vie (plus de 20 ans).

4.3.3. Économie

Avec un marché d'environ 189 000 m² de capteurs installés en 2019 et un chiffre d'affaires de plus de 340 millions d'euros²⁷, la filière représente en France métropolitaine 1 500 emplois directs et indirects²⁸.



Avec plus de 2,3 millions de m² installés en métropole, la chaleur solaire permet d'éviter l'émission de plus de 17 tonnes de CO₂ par an.²⁹

La filière de la chaleur solaire est en fort ralentissement depuis plusieurs années. Le marché est passé de près de 300 000 m² installés en 2012 à seulement 189 000 m² en 2019. Cette chute concerne autant le secteur individuel que les secteurs collectif et tertiaire. Les objectifs fixés par la nouvelle PPE pour 2023 et 2028 seront donc difficilement atteignables si la filière ne fait pas l'objet de soutiens adéquats.

Le groupe de travail national solaire « Place au Soleil » lancé le 28 juin 2018 par le gouvernement a proposé une série de mesures afin de favoriser le développement de cette filière et dont la plupart ont déjà été réalisée³⁰ :

- augmenter le soutien de l'Etat aux dispositifs « thermosolaire » à travers le CITE : *effectif avec la loi de finance pour 2020* ;
- développer un kit de communication pour les espaces info énergies sur l'intérêt du solaire thermique dans l'individuel : *en cours en 2020 via Qualit'EnR* ;

- intégrer le solaire thermique dans le taux EnR&R des réseaux de chaleur afin de bénéficier d'un taux de TVA réduit pour la fourniture de chaleur : *réalisé par la loi de finance pour 2020* ;
- prolonger l'appel à projets Fonds chaleur pour les grandes surfaces solaires thermiques : *effectif dès 2019 par l'Ademe* ;
- permettre des aides du Fonds chaleur à la réhabilitation d'installations défaillantes d'ici 2019 : *effectif dès 2019 par l'Ademe* ;
- simplifier et uniformiser l'attribution des aides fonds chaleur pour le solaire thermique : *effectif dès 2019 par l'Ademe* ;
- intégrer une évaluation technico-économique de la production de chaleur solaire dans les audits énergétiques des grandes et moyennes entreprises : *non réalisé* ;
- diversifier le rôle des animateurs bois énergie vers d'autres technologies d'énergies renouvelables comme le solaire : *réalisé par l'Ademe en 2019 et 2020*.

27. Source : Étude marché et emplois de l'ADEME & InNumeri - Juillet 2020

28. Source : SER & EY, Évaluation et analyse de la contribution des énergies renouvelables à l'économie de la France et de ses territoires.

29. Source : Enerplan et ADEME selon étude iCare.

30. Dossier de presse MTES du 28 juin 2018, Mobilisation pour accélérer le déploiement de l'énergie solaire

4.3.4. Exemple de réalisation

De la chaleur solaire pour un éco quartier à Grenoble (38)



La Compagnie de Chauffage Intercommunale de l'Agglomération Grenobloise (CCIAG) a fait le choix d'alimenter une partie du réseau de chaleur de l'éco quartier Flaubert par une centrale solaire thermique utilisant une nouvelle génération de capteurs haute température.

Chiffres clés :

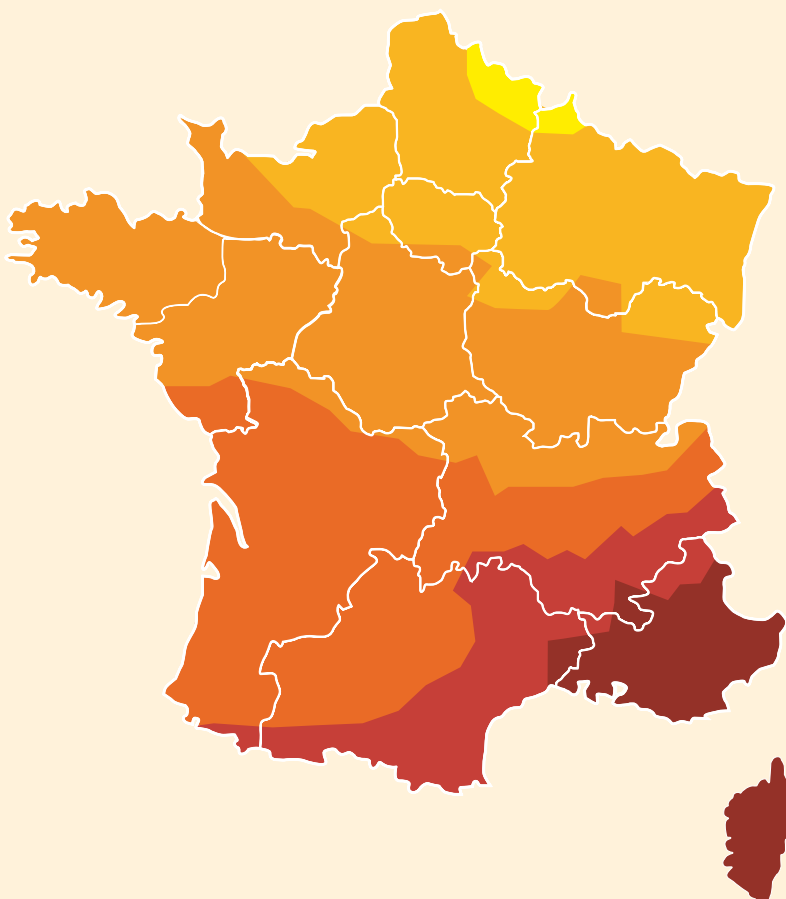
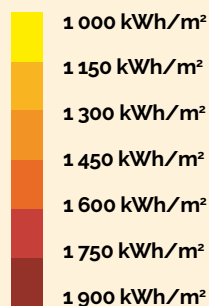
- **176 m²** de capteurs solaires thermiques plans sous vide, installés sur toit en structure métallique
- Stockage de l'énergie solaire dans **un ballon de 1 000 litres**
- Production utile solaire de **132 MWh/an**
- Coût de l'installation : **98 349 € HT** avec financement de l'ADEME
- Quantité de CO₂ évitée : **32 tonnes par an**
- Consommation : **200 kWh/m²/an¹**

Focus sur le gisement solaire en France

La France dispose d'un gisement solaire particulièrement favorable. Dans le sud, un chauffe-eau solaire individuel (CESI) avec 2 à 4 m² de capteurs (3 à 5,5 m² dans le nord) produit de l'eau chaude sanitaire pour une famille de trois ou quatre personnes, à hauteur de 50 à 80 % de leur consommation. Concernant le chauffage à l'aide de système solaire combiné (SSC), les installations sont plus importantes : la surface des capteurs est de l'ordre de 10 à 15 m². Le taux moyen d'économie d'énergie s'échelonne entre 10 à 50 %, voire plus, dans certains cas.

Ensoleillement annuel optimal des capteurs solaires

Source : PVGIS, JRC European Commission





5. Gaz renouvelables

5.1. Chiffres clés	35
5.2. Parc national installé	35
5.3. Focus régionaux	36
5.4. Caractéristiques et enjeux	38

5.1. Chiffres clés



► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2019

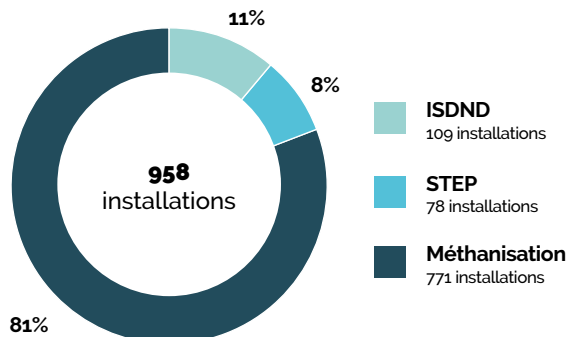
Fin 2019, les tableaux de bord du MTES³² recensent 674 installations de production d'électricité produisant également de la chaleur par cogénération à partir de biogaz (méthanisation, STEP³³ et ISDND³⁴) et 123 unités d'injection de biométhane dans les réseaux de gaz, soit 797 installations valorisant des gaz renouvelables (hors valorisation en chaleur seule). De son côté, l'ADEME recense 163 installations valorisant du biogaz en chaleur seule à fin 2019. La production thermique renouvelable totale du parc est estimée à 4 012 GWh à fin 2019. Cette production couvre 0,6 % de la consommation finale de chaleur.

5.2. Parc national installé

5.2.1. Caractéristiques du parc installé

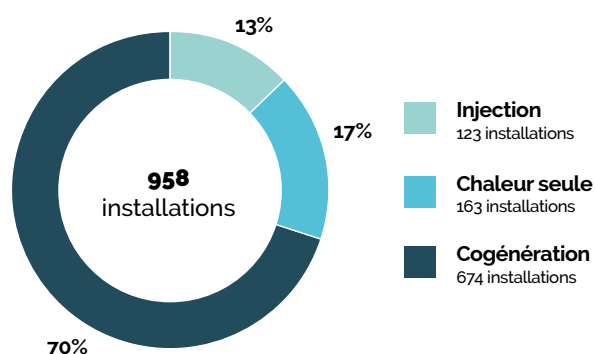
Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par typologie en France au 31 décembre 2019

Source: ADEME, Observ'ER, SER



Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par valorisation énergétique en France au 31 décembre 2019³⁵

Source: ADEME, Observ'ER, SER



31. Sources : Gasinfocus, GRTgaz & Sia Partners

32. Sources : Stat-info n°261, Tableau de bord du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire : biogaz pour la production d'électricité – Quatrième trimestre 2019 et Stat-info n°260, Tableau de bord du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire : biométhane injecté dans les réseaux – Quatrième trimestre 2019.

33. Stations d'épuration

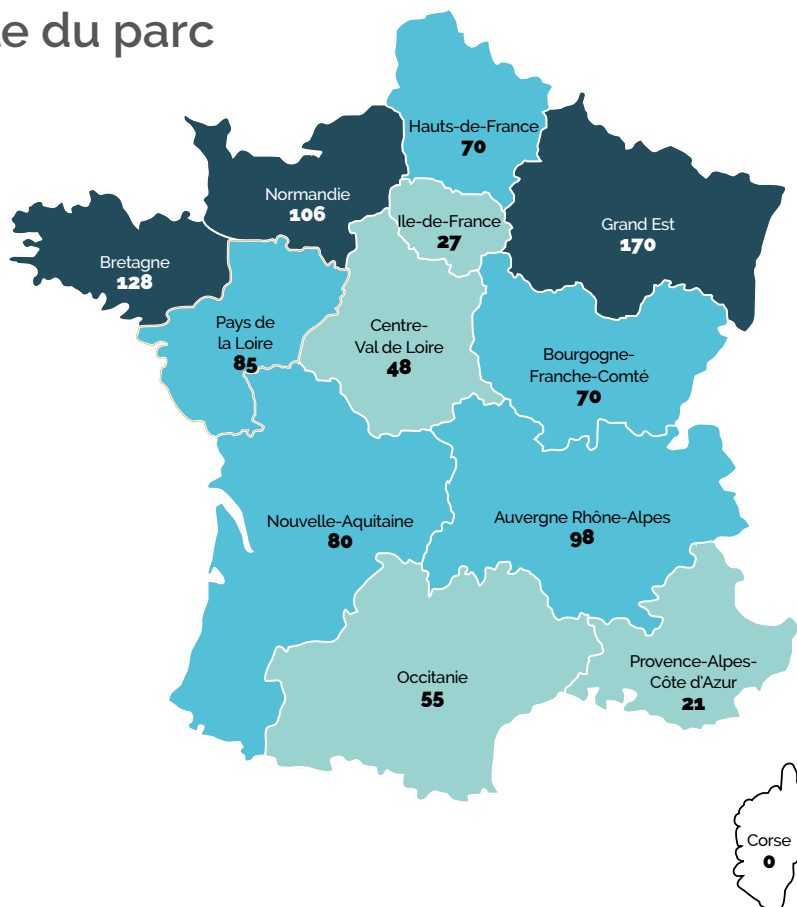
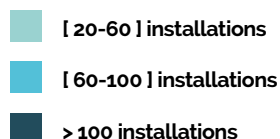
34. Installations de Stockage des Déchets Non Dangereux

35. 2 installations réalisent à la fois de la cogénération et de l'injection et sont donc comptabilisées une fois chacune dans ces deux catégories

5.2.2. Répartition régionale du parc

Répartition régionale des installations valorisant des gaz renouvelables au 31 décembre 2019

Sources : SER, ADEME, Observ'ER



Les données de production de chaleur à partir de gaz renouvelables restent partielles mais sont plus complètes que les années précédentes. Plusieurs régions mettent à disposition leurs données dont certaines sont présentées ci-après dans la rubrique « Focus régionaux ».

5.3. Focus régionaux

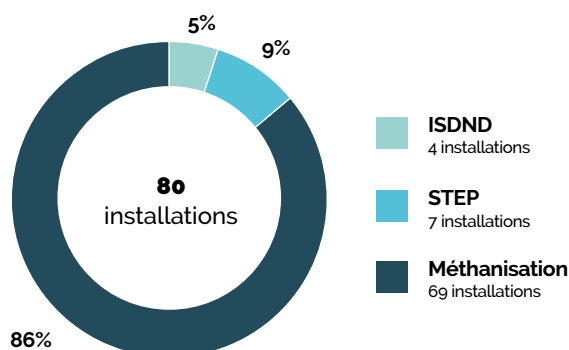
5.3.1. Nouvelle-Aquitaine

- **80 installations** valorisant des gaz renouvelables en 2019
- **287 GWh** de production thermique renouvelable en 2019

► CARACTÉRISTIQUES DU PARC RÉGIONAL

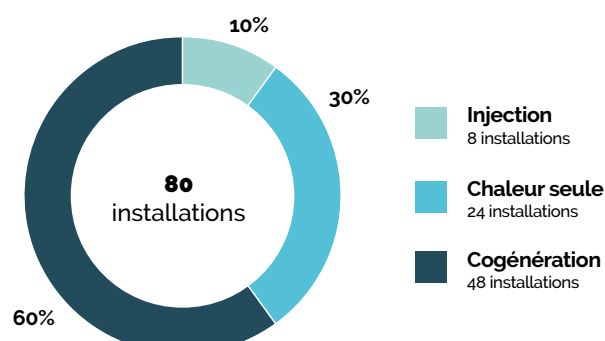
Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par typologie en Nouvelle-Aquitaine

Source: AREC au 31 décembre 2019



Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par valorisation énergétique en Nouvelle-Aquitaine

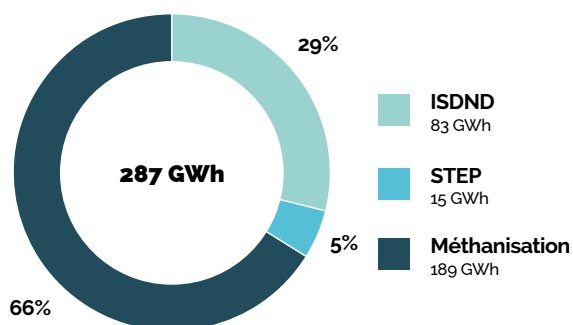
Source: AREC au 31 décembre 2019



► PRODUCTION DES INSTALLATIONS

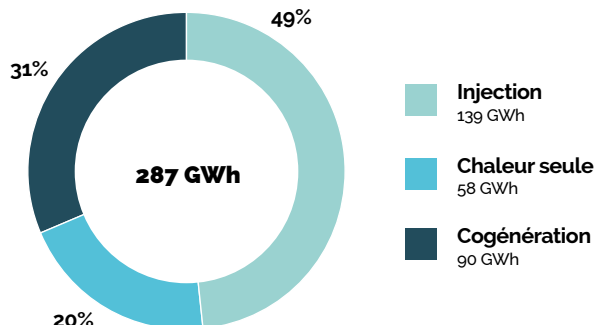
Répartition de la production thermique issue des gaz renouvelables par typologie en Nouvelle-Aquitaine

Source: AREC au 31 décembre 2019



Répartition de la production thermique des gaz renouvelables par valorisation énergétique en Nouvelle-Aquitaine

Source: AREC au 31 décembre 2019



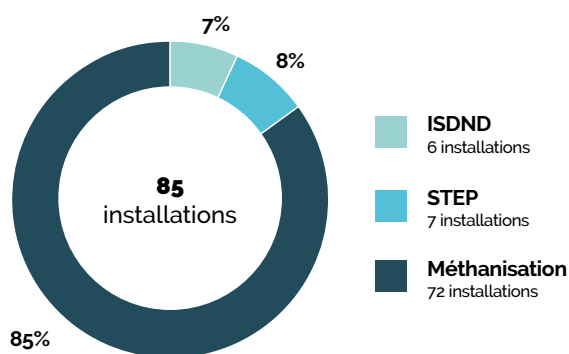
5.3.2. Pays de la Loire

- **85 installations** valorisant des gaz renouvelables en 2019
- **298 GWh** de production thermique renouvelable en 2019

► CARACTÉRISTIQUES DU PARC RÉGIONAL

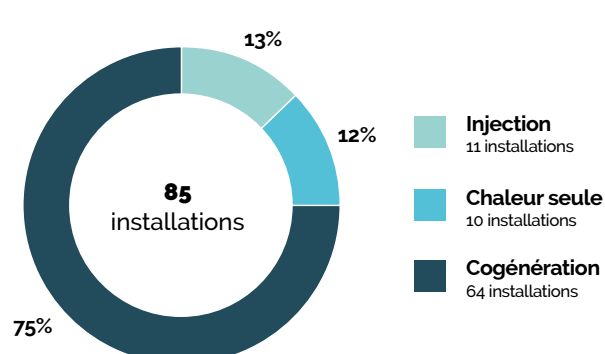
Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par typologie en Pays de la Loire

Source: AILE - Plan Biogaz au 1^{er} janvier 2020



Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par valorisation énergétique en Pays de la Loire

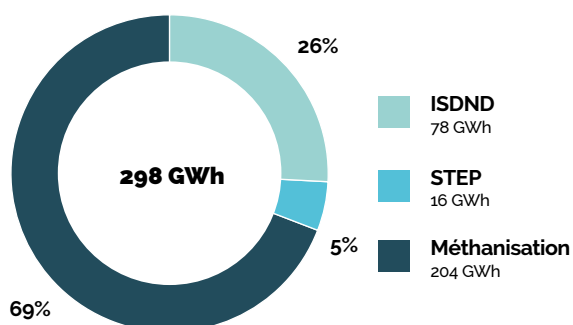
Source: AILE - Plan Biogaz au 1^{er} janvier 2020



► PRODUCTION DES INSTALLATIONS

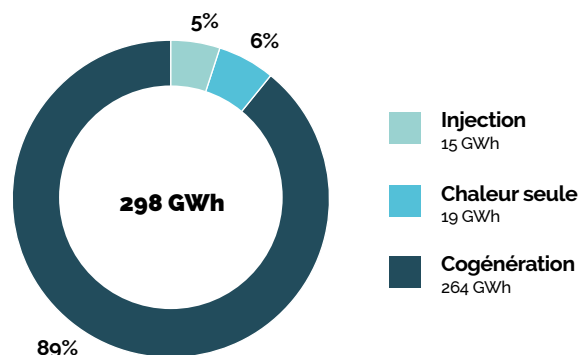
Répartition de la production thermique issue des gaz renouvelables par typologie en Pays de la Loire

Source: AILE - Plan Biogaz au 1^{er} janvier 2020



Répartition de la production thermique des gaz renouvelables par valorisation énergétique en Pays de la Loire

Source: AILE - Plan Biogaz au 1^{er} janvier 2020



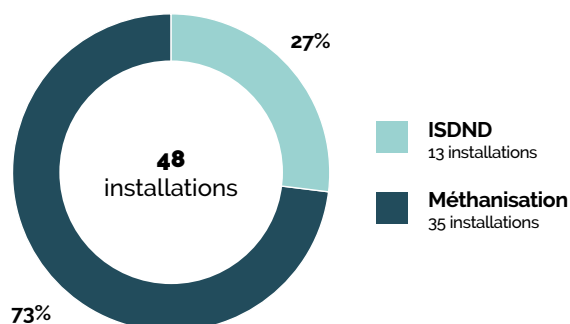
5.3.3. Centre-Val de Loire

- **48 installations** valorisant des gaz renouvelables en 2019
- **88 GWh** de production thermique renouvelable en 2019

► CARACTÉRISTIQUES DU PARC RÉGIONAL

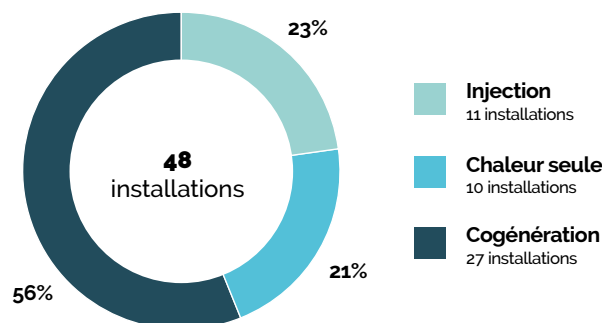
Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par typologie en Centre-Val de Loire

Source: OREGES au 31 décembre 2019



Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par valorisation énergétique en Centre-Val de Loire

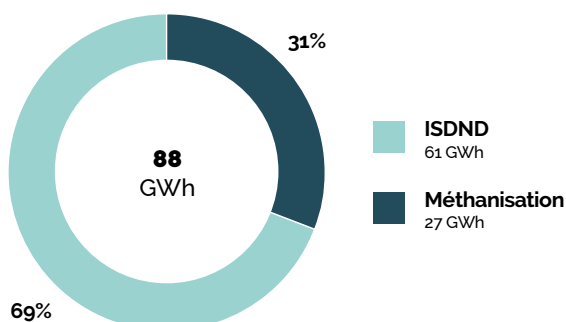
Source: OREGES au 31 décembre 2019



► PRODUCTION DES INSTALLATIONS

Répartition de la production thermique des installations valorisant des gaz renouvelables par typologie en Centre-Val de Loire

Source: OREGES au 31 décembre 2019



5.4. Caractéristiques et enjeux

5.4.1. Définitions et typologies

Un gaz est dit « renouvelable » lorsqu'il est produit à partir de matières organiques. Ces dernières peuvent avoir diverses origines et provenir de multiples secteurs : agricole, industriel, agro-alimentaire, municipal, aquatique ou encore forestier. Ils agissent notamment des effluents d'élevage, des déchets de cultures, des cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE), des coproduits et déchets des industries agroalimentaires, des déchets verts, des biodéchets, de boues de station d'épuration, d'algues, etc.

Le gaz renouvelable comprend principalement :

- le biogaz produit par réaction biologique de méthanisation ;
- le gaz de synthèse produit par pyrogazéification de matières organiques ;

- le biométhane issu de l'épuration du biogaz et de la méthanation de gaz de synthèse.

Le processus biologique de dégradation de la matière organique par des micro-organismes, en conditions contrôlées et en l'absence d'oxygène s'appelle méthanisation. Ce processus peut avoir lieu dans différentes installations :

- les installations de méthanisation (agricole autonome, agricole territoriale, industrielle territoriale, déchets ménagers et biodéchets). Dans ce cas, il faut différencier le processus biologique de méthanisation et la technologie.
- Les STEP, qui peuvent valoriser leurs boues quand elles sont dotées d'une unité de méthanisation.

- Un processus de méthanisation « spontanée » est également généré via la dégradation de la partie organique des ISDND. La dégradation de la matière organique produit du biogaz, composé de plus de 60 % de méthane. Ce dernier peut être valorisé en chaleur directe (par combustion en chaudière) ou en électricité et chaleur (via un moteur ou une turbine). Il peut

également être épuré, c'est à dire débarrassé de ses impuretés et composants indésirables, et odorisé afin qu'il présente les mêmes caractéristiques physico-chimiques que le gaz naturel et ainsi être injecté dans les réseaux gaziers : on parle alors de biométhane.

5.4.2. Atouts

La production de chaleur à partir de gaz renouvelables présente plusieurs atouts. Elle permet :

- d'encourager une transition énergétique réussie en remplaçant efficacement les énergies fossiles par une énergie renouvelable, tout en renforçant l'indépendance énergétique française ;
- de consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois ;

- de valoriser localement une grande diversité de déchets (effluents d'élevage, déchets de culture, cultures intermédiaires et énergétiques, boues, déchets ménagers, déchets verts, etc.) ;
- d'apporter une source de revenu complémentaire pour les agriculteurs. De plus, le digestat issu du biogaz peut être utilisé comme fertilisant.

5.4.3. Economie

En 2018, le biogaz représentait un chiffre d'affaires de plus de 810 millions d'euros³⁶ et plus de 4 000 emplois directs et indirects³⁷. Actuellement, le biogaz est majoritairement valorisé par cogénération mais la priorité est actuellement donnée à l'injection. Si la production d'électricité à partir de biogaz bénéficie d'un mécanisme de soutien via les

tarifs d'achat depuis 2006, la production de chaleur bénéficie elle d'une aide à l'investissement de l'ADEME via le Fonds chaleur et le Fonds déchets. Autorisée en France seulement depuis 2001, et bénéficiant d'un mécanisme de soutien depuis 2011, l'injection de biométhane dans les réseaux reste modeste mais occupe une place grandissante dans le mix énergétique.

5.4.4. Exemple de réalisation

Méthanisation agricole dans une industrie agro-alimentaire à Renescure (59)



La société Agri Flandres Energie a mis en service en 2014 une unité de méthanisation agricole à Renescure afin de produire du biogaz par valorisation de la matière organique agricole. Le biogaz alimente un moteur de cogénération. Une partie de la chaleur est autoconsommée pour chauffer le digesteur tandis que l'autre partie est revendue à une entreprise voisine en substitution du gaz naturel. Le digestat est valorisé par épandage en substitution d'engrais minéraux.

Chiffres clés :

- **10 800 tonnes de biodéchets traitées par an**
- **905 500 m³ de biogaz** produit par an
- **1,8 GWh de production thermique annuelle** de biogaz
- Investissement : **2,3 millions d'euros**
dont **437 500 euros financés par l'ADEME**
- **957 tonnes d'équivalent CO₂ évitées par an**

36. Etude marché et emplois de l'ADEME & InNumeri - Juillet 2020

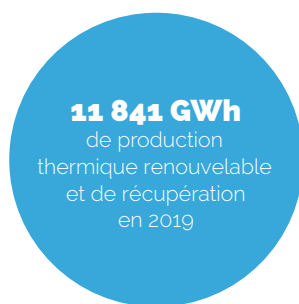
37. Source : Panorama du gaz renouvelable en 2019



6. Valorisation énergétique des déchets

6.1. Chiffres clés	41
6.2. Parc installé	41
6.2.1. Caractéristiques du parc	41
6.2.2. Répartition régionale du parc	42
6.2.3. Production de chaleur renouvelable du parc	42
6.3. Caractéristiques et enjeux	44

6.1. Chiffres clés



► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIERE AU 31 DECEMBRE 2019

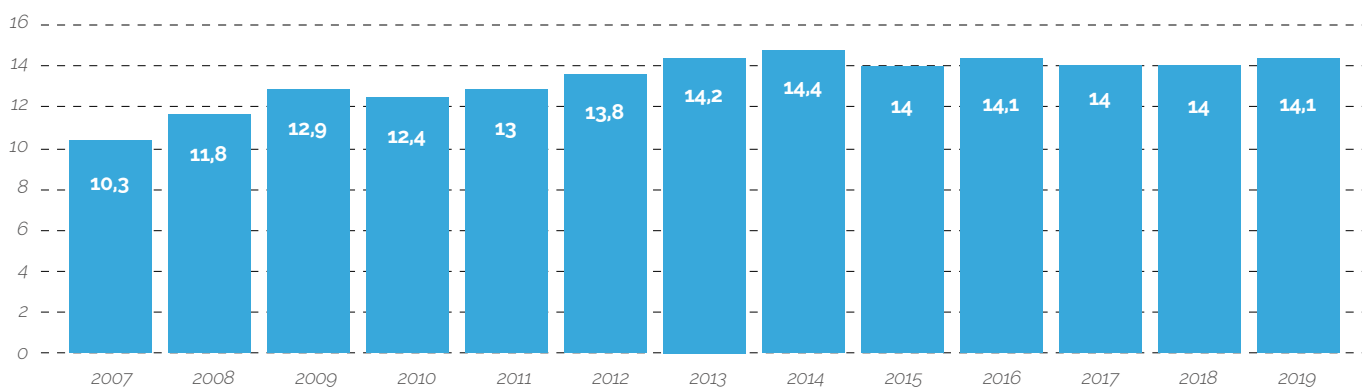
Les installations de valorisation énergétique des déchets ont produit 11 841 GWh de chaleur renouvelable et de récupération, dont 8 107 GWh vendus. Cette production couvre 1,8 % de la consommation finale de chaleur.

6.2. Parc installé

6.2.1. Caractéristiques du parc

Évolution des tonnages incinérés avec récupération énergétique toutes unités confondues

Source : SVDU



Parmi les 116 unités d'incinération récupérant l'énergie en métropole, 25 produisent exclusivement de la chaleur et 65 produisent de la chaleur et de l'électricité par cogénération. Ce dernier mode de valorisation est en augmentation. En effet, le nombre d'UVE³⁹ en cogénération est passé de 42 à 65 entre 2010 et 2019. 99,8 % des déchets traités par les incinérateurs en France sont valorisés en énergie.

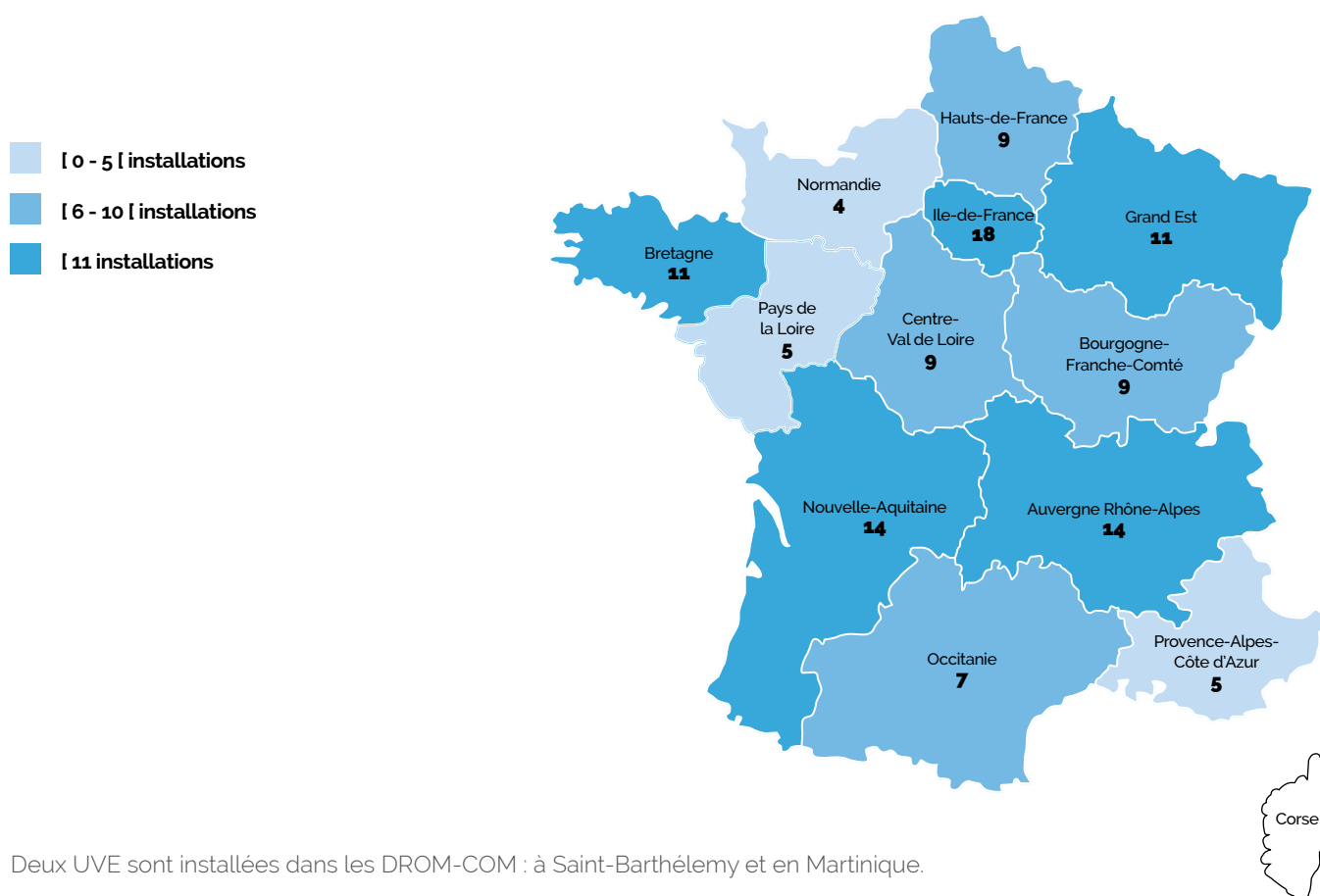
38. Sur ces 118 incinérateurs, 2 d'entre eux ne valorisent pas l'énergie

39. Unité de Valorisation Énergétique

6.2.2. Répartition régionale du parc

Répartition régionale des Unités de Valorisation Énergétique en France métropolitaine au 31 décembre 2019

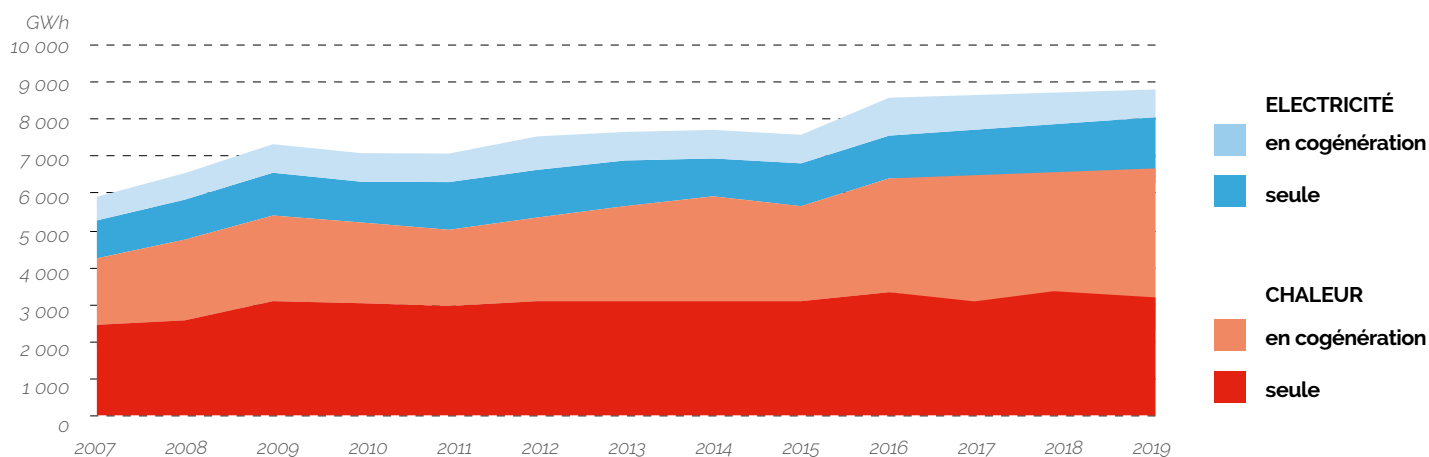
Source : SVDU 2019



6.2.3. Production de chaleur renouvelable du parc

Évolution de la production d'énergie à partir de déchets urbains renouvelables

Source : SDES, enquête sur la production d'électricité ; ADEME, ITOM

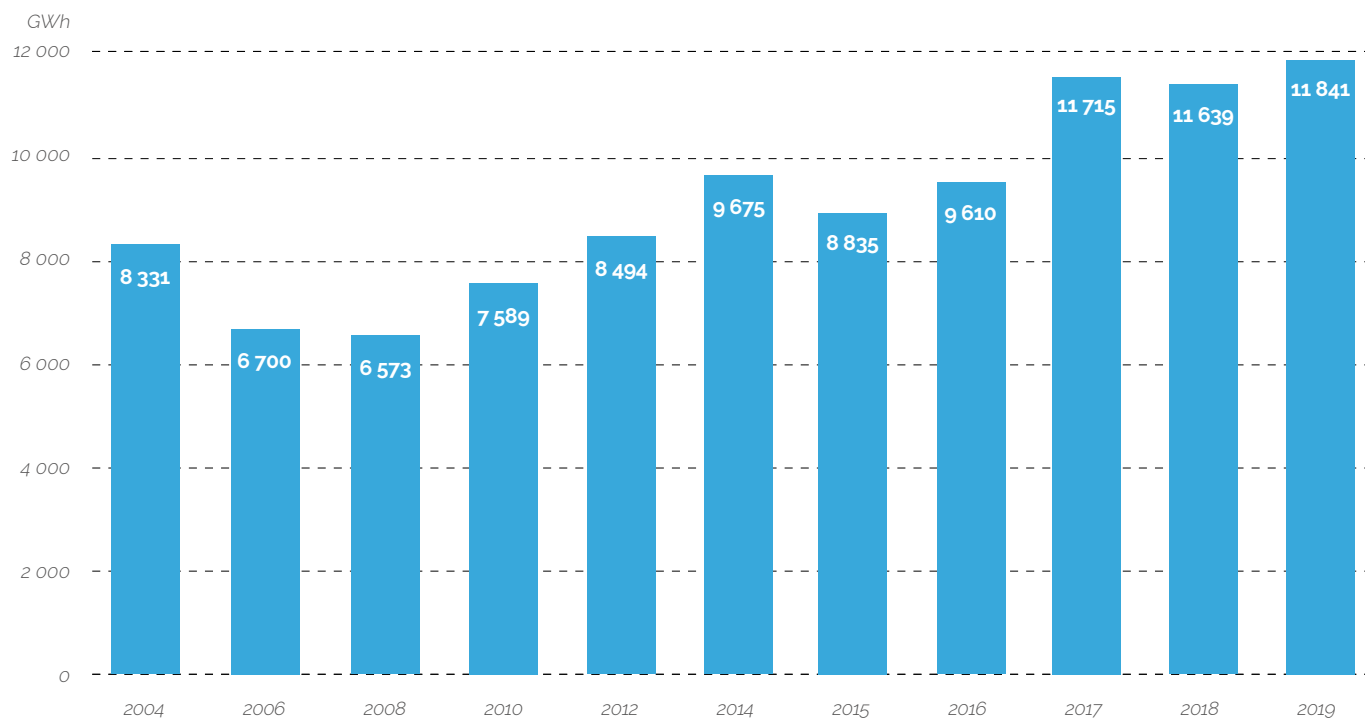


En 2019, les unités d'incinération ont produit 16 110 GWh d'énergie renouvelable et de récupération. 74 % de cette production a été valorisée sous forme de chaleur, soit 11 841 GWh. 83% de cette production d'énergie thermique provient de la cogénération.

80 unités sont aujourd'hui raccordées à un ou plusieurs réseaux de chaleur sur les 118 au total. Il reste 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. La chaleur des UVE est la première énergie renouvelable et de récupération mobilisée par les réseaux de chaleur, à hauteur de 44% en 2018.

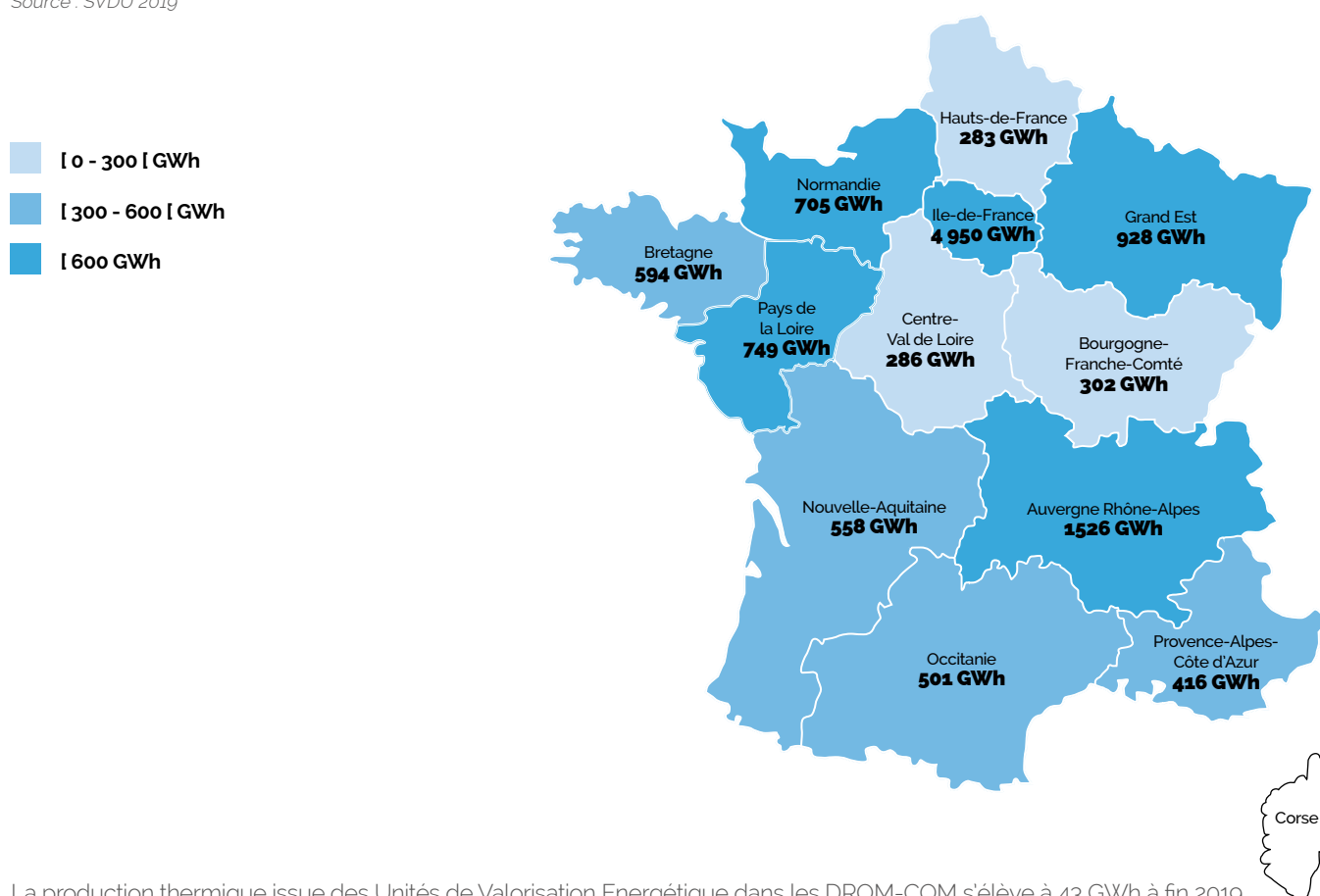
Évolution de la production d'énergie thermique totale des Unités de Valorisation Énergétique (UVE)⁴⁰

Source : SVDU, ADEME, ITOM



Répartition régionale de la production de chaleur renouvelable issue des Unités de Valorisation Énergétique en France métropolitaine au 31 décembre 2019

Source : SVDU 2019



La production thermique issue des Unités de Valorisation Énergétique dans les DROM-COM s'élève à 43 GWh à fin 2019.

40. Grâce à un travail de fiabilisation des données entrepris depuis 2017, le graphique présente de manière plus exhaustive l'évolution de la production d'énergie thermique des UVE à partir de 2017, en prenant en compte la part autoconsommée en plus de la part vendue.

6.3. Caractéristiques et enjeux

6.3.1. Définitions et typologies

6.3.1.1. Les Unités de Valorisation Énergétique (UVE)

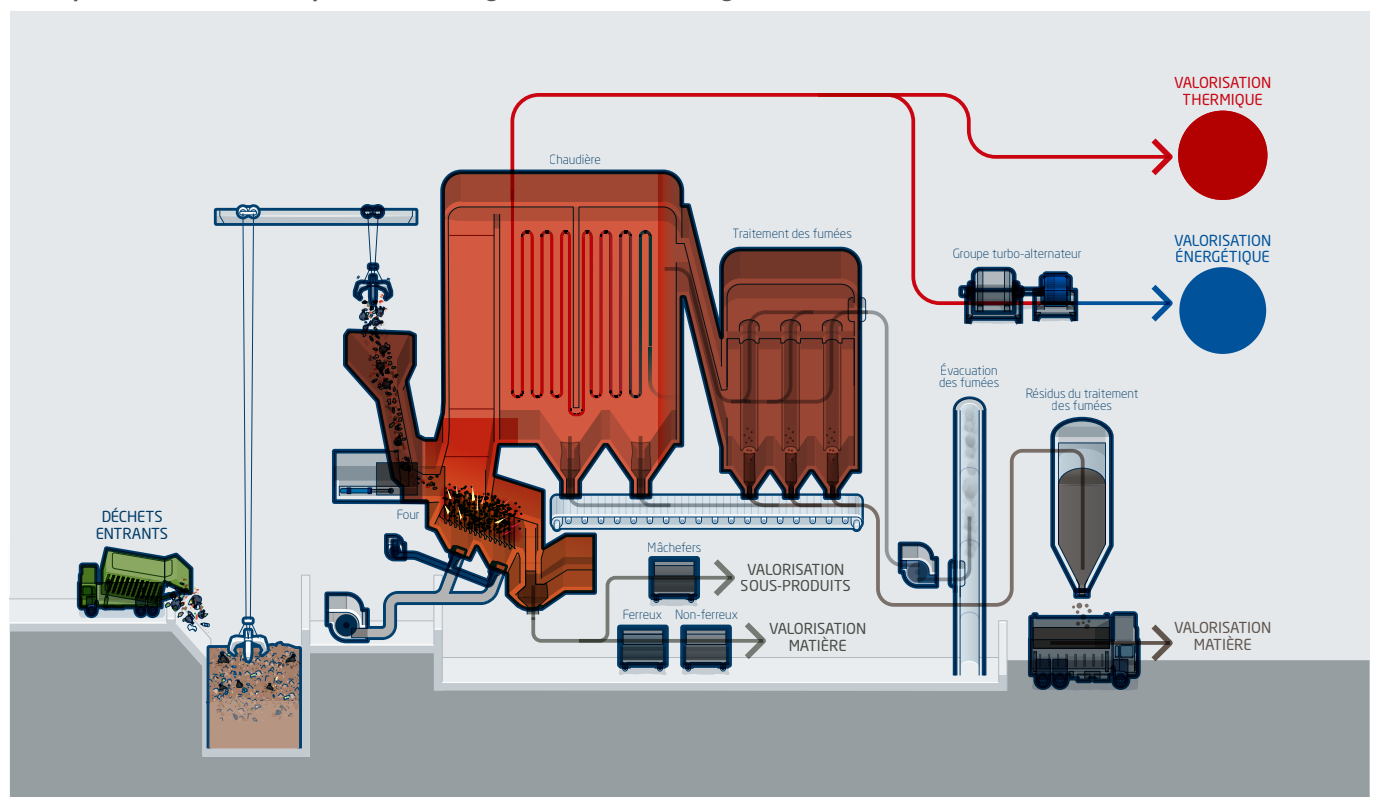
Sur l'ensemble des activités de traitement de déchets permettant de récupérer et produire de l'énergie, l'incinération en est la principale contributrice. L'incinération est un procédé de traitement thermique des déchets avec excès d'air. Ce procédé consiste à brûler les déchets ménagers et assimilés, qui n'ont pu être valorisés sous forme matière ou organique, dans des fours adaptés à leurs caractéristiques physico-chimiques. Grâce à ce traitement thermique, le volume des déchets entrants est réduit de 75 à 90 %, sous forme de mâchefers (reste de la combustion). Lorsque l'énergie dégagée par cette combustion est récupérée, on parle alors d'incinération avec valorisation énergétique. Néanmoins, selon la réglementation européenne, on ne parle de valorisation énergétique que lorsque cette récupération d'énergie (énergie valorisée par tonne de déchet traitée) dépasse un certain seuil appelé R1.

La récupération d'énergie issue de la combustion permet sa valorisation sous trois formes :

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

D'après la Directive européenne 2018/2001 du 11 décembre 2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, seule la fraction « biodégradable » des déchets est définie comme biomasse et donc comme « renouvelable ». En conformité avec les règles européennes, 50 % de l'énergie produite à partir des déchets urbains sont considérés comme renouvelables. Les 50 % restants sont qualifiés de récupération⁴¹. L'incinération fait l'objet d'une surveillance et d'un encadrement par la réglementation. Cette dernière prévient et limite les effets de l'incinération et co-incinération de déchets sur l'environnement, en particulier la pollution due aux émissions dans l'air, le sol, les eaux de surface et souterraines et les risques sanitaires. Elle encadre le traitement des fumées et des résidus de traitement. Elle impose notamment le respect strict de valeurs limites d'émissions très basses.

Exemple d'usine avec récupération d'énergie sous forme de cogénération⁴² :



41. Un programme mené par la FNADE (Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement) avec le soutien de l'ADEME est en cours. Il a pour objet de quantifier les parts biogène et fossile de combustibles type déchets valorisés thermiquement sur les installations de CSR et sur les UVE ainsi que d'évaluer la proportion d'énergie renouvelable correspondante. Les résultats sont attendus pour début 2020.

42. Source : DalkiaWasteEnergy

6.3.1.2. Les Unités de production d'énergie à partir de Combustibles Solides de Récupération

Les combustibles solides de récupération (CSR) sont composés de bois, plastiques, papiers, cartons ou tissus non recyclables. Ils proviennent de refus de tri des déchets d'activités économiques (DAE), de refus de collectes séparées des emballages, de déchets du bâtiment, d'encombrants de déchèteries, ou de refus de compostage ou de méthanisation.

L'objectif de réduction de 50 % des tonnages enfouis à horizon 2025 conduit à détourner quelque 8 Mt de l'enfouissement. Après extraction des matières recyclables de ce gisement, il restera des refus de tri qui, préparés de manière appropriée, permettront de produire environ 2,5 Mt de CSR. Aujourd'hui, seule l'industrie cimentière est utilisatrice de CSR en France et à un niveau faible (moins de 0,3 Mt, à l'exception d'une seule installation dédiée). À horizon 2025, elle devrait en utiliser environ 1 Mt. Il est nécessaire de développer des capacités complémentaires permettant de traiter jusqu'à 1,5 Mt par an d'ici 2025 dans des unités de production d'énergie à partir de CSR.

Les chaufferies utilisant des CSR se différencient d'un incinérateur par leur finalité de production d'énergie (et non de traitement de déchets) et par la nature des déchets utilisés pour préparer les CSR.

La filière CSR contribue à la transition énergétique en proposant un combustible alternatif en substitution d'énergies fossiles. L'appel à projets « Energie CSR » (AAP CSR), lancé par l'ADEME en 2016, a pour but d'apporter une aide à investissement à ces projets, afin de susciter le développement d'un parc d'unités dédiées de production d'énergie à partir de CSR, répondant ainsi aux exigences de la LTECV. La LTECV prévoit, en effet, d'encourager la valorisation énergétique de CSR.

Sur les lauréats sélectionnés par les AAP CSR de 2016 et 2017, 3 permettront de traiter 171 000 t/an pour une production thermique de 0,29 TWh/an.

L'AAP de 2019 a sélectionné 6 lauréats, correspondant à une capacité de traitement de 682 000 t/an de CSR et une production thermique de 2,2 TWh/an, et ce pour un montant d'aide de 70 M€. Un quatrième appel à projets a été lancé en 2020.

La Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE) prévoit qu'à horizon 2030, les CSR pourront produire 4,9 TWh de chaleur (0,4 Mtep), et contribuer à hauteur de 2 TWh à l'atteinte de l'objectif de quintuplement des livraisons de chaleur renouvelable et de récupération dans les réseaux de chaleur et de froid. Par ailleurs, le Contrat stratégique de la filière (CSF) « Transformation et valorisation des déchets », signé en janvier 2019, a, en particulier, pour projet d'accompagner la croissance des besoins en valorisation énergétique des fractions non recyclables. Les travaux de ce CSF ont permis d'identifier les freins à l'émergence de la filière, et d'identifier des leviers de développement. Ces leviers sont notamment :

- un maintien des aides ADEME via l'AAP CSR ;
- une ouverture au dispositif CEE ;
- un mécanisme de garantie en cas de défaillance de l'industriel consommateur de chaleur ;
- un rééquilibrage pour compenser le manque de compétitivité face au décrochage du prix du gaz.

Sans évolution prévisionnelle significative du coût de l'énergie thermique produite à partir de combustibles fossiles sur les marchés ciblés, il sera nécessaire, pour développer la filière, de mettre en place des soutiens à cette valorisation énergétique et d'offrir de la visibilité en donnant un signal prix (augmentation de la valeur économique du carbone).

6.3.2. Atouts

La valorisation énergétique des déchets non recyclables, dans le respect de la hiérarchie des modes de traitement, présente plusieurs avantages. Elle permet :

- D'encourager une transition énergétique réussie en remplaçant efficacement les énergies fossiles par une énergie renouvelable et de récupération à la maturité prouvée, et en valorisant une source d'énergie locale. Ainsi, l'incinération est vectrice d'émissions évitées importantes grâce à la substitution de l'usage d'énergie fossile par l'énergie issue de la combustion. Ce faisant, elle renforce l'indépendance énergétique des territoires ;
- De contribuer à l'économie circulaire grâce au réemploi des mâchefers valorisables en technique routière et à la récupération de leur contenu en métaux ferreux et non-ferreux. L'activité contribue également à des boucles d'énergie circulaire en valorisant énergétiquement des déchets ménagers et assimilés qui n'ont pu trouver de débouchés sous forme matière ou organique ;

- De détruire tous les polluants biologiques ainsi que certaines substances chimiques en exposant les déchets à une température élevée (850 °C pendant au minimum 2 secondes)⁴³ ;
- De créer des emplois non délocalisables et à fort niveau de compétence technique et de faire vivre des entreprises locales et nationales ;
- De contribuer au verdissement des réseaux, aussi bien pour le chauffage que pour le refroidissement ;
- De constituer, de par son potentiel thermique résiduel, un atout majeur des territoires pour attirer de nouvelles activités/industries souhaitant consommer une chaleur non issue d'énergie fossile.

43. Comme dans les stations d'épuration pour les eaux usées, les substances chimiques restantes sont concentrées puis éliminées dans des conditions adaptées.

6.3.3. Économie

Stimulé par une réglementation environnementale parmi les plus rigoureuses, le marché des travaux de rénovation, de modernisation et d'optimisation des installations se développe. Les usines investissent dans la maximisation de l'efficacité énergétique, l'optimisation environnementale ainsi que dans le raccordement à de nouveaux débouchés pour la chaleur. A cet effet, la filière a engagé sur la période 2018-2024, des investissements à hauteur de 1,5 milliard d'euros, auxquels il faut ajouter ceux relatifs à l'implémentation du nouveau BREF incinération.

La filière constitue ainsi un fort levier distributif en termes d'investissement local. Elle représente en outre 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).

6.3.4. Exemple de réalisation

L'Unité de Valorisation Énergétique Valaубia à la Chapelle Saint-Luc (10)

En 2021, l'UVE Valaубia recevra les déchets ménagers de l'Aube ne pouvant plus être recyclés. Elle produira en parallèle de la chaleur et de l'électricité pour les industries proches et les habitations. L'installation de cette UVE a été décidée par le Syndicat départemental d'élimination des Déchets de l'Aube et réalisée par Véolia et s'inscrit dans une démarche de développement durable. La délégation de service public est confiée à Véolia pendant 25 ans.

Chiffres clés :

- **60 000 tonnes** d'ordures ménagères par an
- **60 GWh** de production thermique annuelle
- **8 900 équivalents-habitants** chauffés
- Coût : **78 millions d'euros** financé à 2 % par le Fonds Européen de Développement Régional



© Canal 32

Focus sur la chaleur de récupération

La chaleur de récupération désigne la chaleur fatale (ou perdue). Il s'agit de la chaleur générée par un procédé mais qui n'en constitue pas la finalité première, et qui n'est pas récupérée. Elle peut être issue de sites industriels, raffineries, sites de production d'électricité, stations d'épuration des eaux usées (STEP), unités de valorisation énergétique, data centers, hôpitaux, sites tertiaires, etc.

Pendant longtemps, cette production de chaleur involontaire et inéluctable n'était pas valorisée. Or, il est possible de capter et valoriser tout ou partie de cette chaleur.

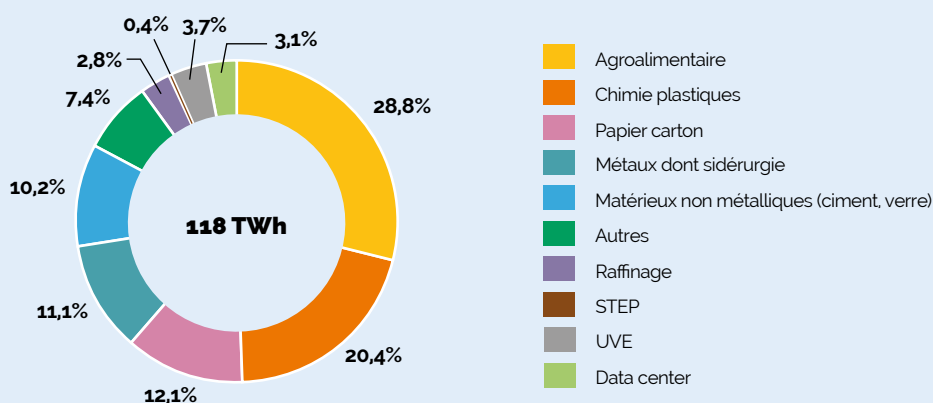
La chaleur fatale peut être valorisée sous forme de chaleur ou d'électricité, avec la mise en place d'un changement de vecteur énergétique.

Le captage de ces rejets est plus ou moins facile. Les rejets liquides dans les purges de chaudières sont les plus facilement récupérables, suivis des rejets gazeux dans les fumées des fours et chaudières. Les rejets diffus sont logiquement plus difficiles à capter.

Selon le procédé à l'origine de la production de chaleur fatale, la plage de température de la chaleur peut varier entre 30°C (eaux usées) et 500°C (gaz de combustion...).

Gisement de la chaleur fatale dans l'industrie, les STEP, les data center et les UVE

Source : ADEME, Faits et chiffres : la chaleur fatale, 2017



Exemple de réalisation

Récupération et valorisation de chaleur fatale dans l'industrie papetière chez SICAL à Lumbres (62)



© Bertrand Leveugle

En 2015 et 2017, l'entreprise SICAL a fait le choix de valoriser la chaleur fatale des vapeurs émises par les machines de séchage et l'onduleuse. L'énergie de la papeterie provient de deux chaudières au gaz naturel. Mais la chaleur des vapeurs est récupérée à l'aide d'une hotte et d'un échangeur et utilisée pour le chauffage des locaux. Ceci représente des économies d'énergie de 5 GWh par an, soit une économie de 10 % de vapeurs pour les procédés.

Chiffres clés :

- 5 GWh économisés par an
- Coût : 746 000 €, dont 20 % financés par l'ADEME avec une dépréciation de 5 ans.
- 862 tonnes équivalents CO₂ évitées par an



© Idex

7. Réseaux de chaleur et de froid : vecteurs énergétiques

7.1. Caractéristiques et enjeux des réseaux de chaleur	49
7.2. Caractéristiques et enjeux des réseaux de froid	49

7.1. Caractéristiques et enjeux des réseaux de chaleur

Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée, permettant de desservir plusieurs usagers. Il comprend une ou plusieurs unités de production de chaleur, un réseau de distribution primaire dans lequel la chaleur est transportée par un fluide caloporteur, et un ensemble de sous-stations d'échange, à partir desquelles les bâtiments sont desservis par un réseau de distribution secondaire. Les réseaux de chaleur constituent un bon vecteur pour acheminer des énergies renouvelables et de récupération (EnR&R) thermiques au cœur des territoires. La LTECV de 2015 prévoit le quintuplement des livraisons de chaleur et de froid EnR&R à horizon 2030 (par rapport à 2012), ce qui représente un objectif de 39,5 TWh. La plupart des réseaux de chaleur sont multi-énergies et sont en mesure de mobiliser diverses ressources renouvelables

telles que le bois, la géothermie, la chaleur solaire, le biogaz et les énergies de récupération dont la chaleur issue des unités de valorisation énergétique, des process industriels, des data centers, des eaux usées. Les réseaux de chaleur utilisent aujourd'hui 57 %⁴⁴ d'EnR&R. Le développement des réseaux au cours des dix dernières années s'est accompagné d'un verdissement rapide de leur bouquet énergétique. La part des énergies renouvelables et de récupération dans le bouquet énergétique des réseaux de chaleur est ainsi passée de 29 % à 57 % en une décennie. Les réseaux démontrent leur capacité à mobiliser les sources d'énergies disponibles localement, en premier la chaleur de récupération issue des UVE suivie de la biomasse. La filière des réseaux de chaleur et de froid représente 12 800 emplois directs et indirects⁴⁵.

7.2. Caractéristiques et enjeux des réseaux de froid

La demande en froid est en hausse constante. Les réseaux de froid ont un véritable rôle à jouer pour atteindre les objectifs en matière de sobriété et d'efficacité énergétique. Ils présentent de nombreux avantages répondant à plusieurs enjeux :

- enjeu climatique en luttant contre les îlots de chaleur urbains ;
- enjeu environnemental permettant la diminution des émissions de gaz à effet de serre et la réduction des fluides frigorigènes ;
- enjeu d'efficacité énergétique grâce à la mutualisation des moyens de production.

Parmi les énergies mobilisées pour la production du froid, il existe notamment la géothermie, la thalassothermie et le freecooling qui consiste à utiliser la différence de température entre l'air extérieur et intérieur. Les livraisons de froid sont destinées majoritairement à la climatisation des bureaux et des bâtiments tertiaires, des hôpitaux, des universités, des aéroports et, de façon marginale, au rafraîchissement des immeubles d'habitation. Les réseaux de froid sont éligibles depuis 2018 au Fonds chaleur pour la création de réseaux avec sous-stations liées aux nouvelles productions de froid renouvelable pour des usages considérés comme nécessaires.

Exemple de réalisation

Le réseau de chaleur et de froid de l'écoquartier Saint-Jean Belcier (33)

© Bordeaux Métropole Énergies



Créé en 2015 par la société Bordeaux Bègles Énergies, une filiale de Mixéner, ce réseau de chaleur et de froid est alimenté à 90 % par l'unité d'incinération des ordures ménagères de Bègles. Le projet est né de l'ambition de la métropole et de l'Établissement Public d'Aménagement de Bordeaux Euratlantique de construire un quartier plus respectueux de l'environnement. La production de froid renouvelable est basée sur la valorisation de la chaleur fatale de l'UVE par absorption en période estivale.

Chiffres clés :

- Bénéficiaires : **15 000 logements et 800 000 m² de bureaux et commerces**
- Puissance installée de l'UVE : **14 MW**
- Longueur du réseau : **18 km**
- Coût : **25 millions d'euros d'investissement**
- **15 000 tonnes d'équivalents CO₂ évitées par an**

44. SNCU, « Enquête annuelle sur les réseaux de chaleur et de froid », 2019.

45. ADEME, « Les Réseaux de chaleur et de froid : état des lieux de la filière », mai 2019.

8. Cadre de développement

8.1. Objectifs PPE

50

8.2. Cadre économique

51

8.3. Cadre réglementaire

53

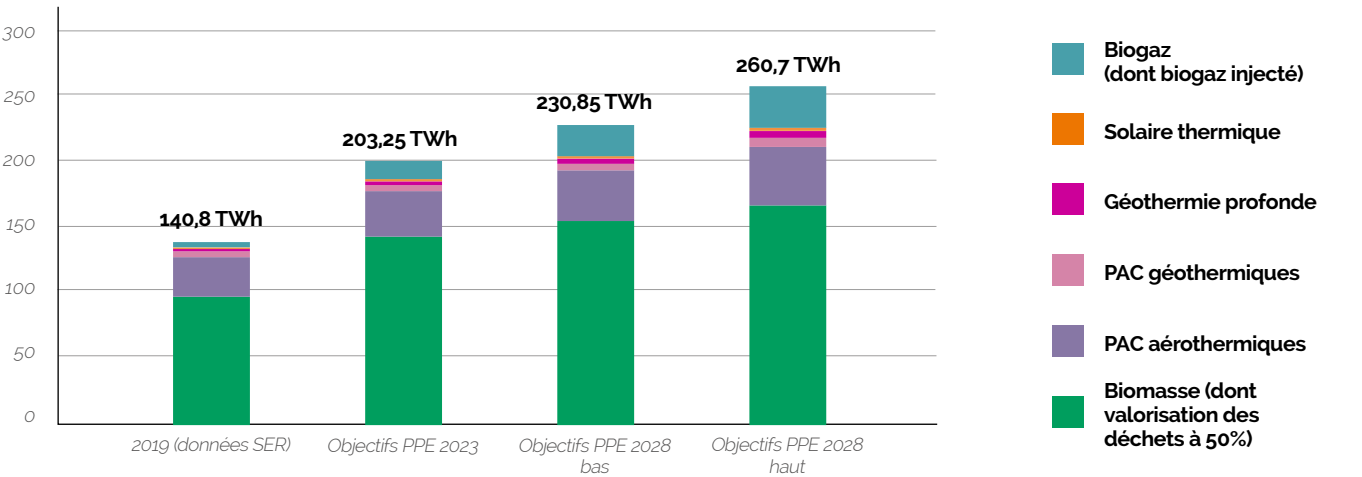
8.1. Objectifs PPE

La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE), fixe les priorités d'action des pouvoirs publics afin d'atteindre les objectifs de la LTECV. L'un des enjeux prioritaires de la PPE est de réduire la consommation d'énergies fossiles. Le secteur de l'énergie doit contribuer à l'objectif de réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre et

de développement des énergies renouvelables à hauteur de 33 % dans le mix énergétique français en 2030. Dans ce nouveau mix à l'horizon 2030, 38 % de la chaleur consommée devra être d'origine renouvelable. La PPE actuelle fixe des objectifs pour 2023 et 2028.

Objectifs PPE : production de chaleur renouvelable par filière (TWh)

Source : SER



Production (en TWh)	2019 (données SER)	Objectif PPE 2023	Objectif PPE 2028 bas	Objectif PPE 2028 haut
Biomasse (dont valorisation des déchets à 50%)	98,8	145	157	169
PAC aérothermiques	30,4	35	39	45
PAC géothermiques	4,5	4,6	5	7
Géothermie profonde	1,9	2,9	4	5,2
Solaire thermique ⁴⁶	1,2	1,75	1,85	2,5
Biogaz (dont biogaz injecté)	4,0	7	12	18
Total	141,9	196	219	247

46. Métropole uniquement

8.2. Cadre économique

8.2.1. Pour le collectif, tertiaire et industriel

Le Fonds chaleur

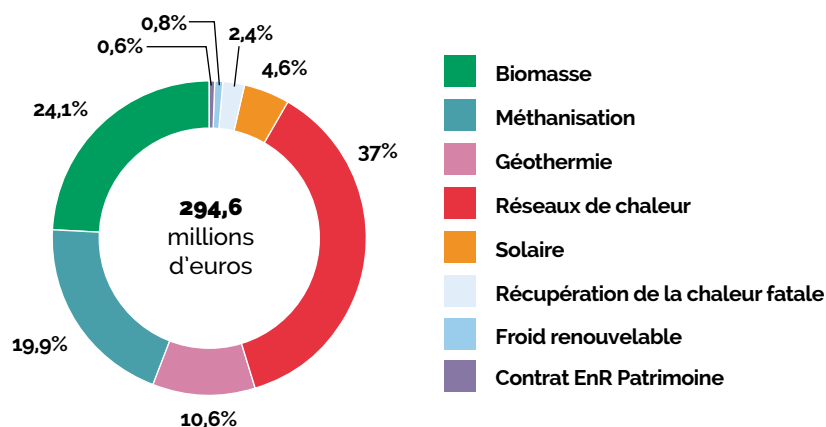
Il s'agit d'un dispositif financier mis en place par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) depuis 2009. Cette dernière apporte son expertise aux porteurs de projets et attribue des aides afin de financer

les investissements de systèmes de production de chaleur utilisant les énergies renouvelables ou valorisant la chaleur de récupération. Destiné à l'habitat collectif, aux collectivités et aux entreprises, le Fonds chaleur a donné un puissant coup d'accélérateur aux filières de la chaleur renouvelable.

En 2019, le Fonds chaleur a permis d'aider à la production de 3 878 GWh EnR&R avec un budget s'élevant à 294,6 millions d'euros pour les opérations d'investissement dans les énergies renouvelables et de récupération⁴⁷.

Répartition des aides attribuées via le Fonds chaleur au 31 décembre 2019

Source: ADEME



La performance de cet outil en termes d'euro public dépensé par tonne de CO₂ évitée a été reconnue par la Cour des comptes. Le mécanisme du Fonds chaleur doit être pérennisé et son budget augmenté pour accompagner davantage de projets. Une montée en puissance du nombre de projets est indispensable à l'atteinte des objectifs.

Entre 2009 et 2019, 5 355 installations ont été aidées par le Fonds chaleur pour 2,27 milliards d'euros sur les opérations d'investissement, sur un montant d'assiette de travaux de 7,92 milliards d'euros. Le taux d'aide moyen sur les investissements a été de 29,7 %. Le Fonds chaleur représente, entre 2009 et 2019, une production de 2 716 355 tep EnR&R dont 64 % pour le bois énergie ; 10,8 % pour les UIOM ; 11 % pour le biogaz ; 7,8 % pour la géothermie ; 4,2 % pour la récupération de chaleur ; 0,4 % pour le solaire et 0,7 pour le froid renouvelable.

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 certificats d'économies d'énergie (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 certificats d'économie d'énergie 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.

Aides des collectivités locales

Certaines régions et départements peuvent accorder des aides complémentaires aux aides nationales.

⁴⁷. Source : ADEME

La contribution climat énergie (CCE)

Cette contribution a été créée par la loi de finances pour 2014 (décembre 2013), qui acte une augmentation des taux de la taxe intérieure de consommation (TIC) sur les énergies fossiles, progressive et proportionnée à la quantité de dioxyde de carbone émise lors de la combustion de celles-ci. Cette taxe a été confortée par la LTECV qui prévoit que la composante carbone intégrée aux tarifs des taxes intérieures sur la consommation des produits énergétiques atteigne 56 €/HT/tonne de CO₂ en 2020 et 100 €/HT/tonne de CO₂ en 2030. La Loi de finances pour 2018 avait modifié la trajectoire d'augmentation de la CCE afin qu'elle atteigne 55 €/HT/tonne en 2019, 65,4 €/HT/tonne en 2020, 75,8 €/HT/tonne en 2021 et 86,2 €/HT/tonne en 2022, contre 7 €/HT/tonne de CO₂ en 2014. Toutefois, elle a été gelée en 2019 avec le taux 2018 de 44,6 €/HT/tonne, sans perspectives de reprise de la trajectoire pour 2020.

Le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)

Les États membres de l'Union européenne ont adopté, en 2010, la Stratégie Europe 2020 pour une croissance intelligente, durable et inclusive. Toutes les politiques européennes doivent participer à cette stratégie, avec un budget de 960 milliards d'euros pour la période 2014-2020.

Parmi les politiques déléguées aux États Membres, on trouve la politique de cohésion économique, sociale et territoriale financée par le « Fonds Européen de Développement Régional » (FEDER). En France, pour la période 2014-2020, le FEDER représente 9,5 milliards d'euros. Dans le contexte national de décentralisation, la gestion du FEDER est confiée aux Régions. Le montant alloué pour la période post-2020 est encore en débat. En France, le FEDER intervient sur les thématiques suivantes :

- Investir dans la recherche, le développement technologique et l'innovation
- Améliorer la compétitivité des PME
- Favoriser le développement des technologies de l'information et de la communication
- Soutenir la transition vers une économie à faibles émissions de carbone

Le FEDER finance également des actions soutenant l'adaptation au changement climatique, la prévention des risques, les transports, la formation, l'emploi ou encore l'inclusion sociale. Enfin, pour pallier au mieux les problématiques spécifiques des territoires urbains, une partie de l'enveloppe FEDER est mobilisée pour les quartiers prioritaires de la politique de la ville.

8.2.2. Pour le particulier

MaPrimeRénov' et le Crédit d'Impôt pour la Transition Énergétique (CITE)

A compter du 1^{er} janvier 2020 et jusqu'au 31 décembre 2020, les particuliers disposent de deux dispositifs d'aide différentes pour financer l'achat d'équipements de chauffage utilisant des énergies renouvelables : appareil de chauffage au bois domestique labellisé Flamme Verte ou équivalent, pompe à chaleur géothermique ou système à chaleur solaire certifié CSTBat⁴⁸. Ces dispositifs sont MaPrimeRénov' et le CITE et sont applicables en fonction des revenus fiscaux des ménages et uniquement pour les logements déclarés habitations principales ayant plus de deux ans. Le particulier bénéficie de MaPrimeRénov' si son revenu fiscal est inférieur à des seuils définis dépendant du nombre de personnes composant le ménage. Si son revenu fiscal est supérieur aux seuils modestes mais inférieur à un revenu de référence, il peut bénéficier du CITE. Les montants de MaPrimeRénov' varient entre 1 200 € et 10 000 € en fonction du type d'équipement. Le CITE est une réduction d'impôt dont le montant varie entre 600 € et 4 000 €. Le CITE sera supprimé à partir du 1^{er} janvier 2021 au profit de MaPrimeRénov'.

Le taux réduit de TVA à 5,5 %

Il s'applique directement 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 le CITE dans un logement de plus de deux ans. Le taux réduit s'applique aussi aux travaux

induits indissociablement liés à la réalisation de ces travaux. Les travaux induits 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

Adopté pour la période 2019-2021 dans le cadre du dispositif CEE, il donne une prime pour le remplacement de chaudières fossiles au charbon, au fioul ou au gaz autre qu'à condensation par une chaudière à très haute performance énergétique, 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 varie de 450 € à 4 000 € et dépend de l'équipement de remplacement ainsi que des ressources du ménage. Les conditions d'éligibilité et le montant de la prime varient en fonction de chaque type d'appareil.

Le programme national « Habiter mieux »

L'Agence Nationale de l'Habitat (ANAH) met en œuvre le programme national « Habiter Mieux ». Sous certaines conditions, les propriétaires ou copropriétaires peuvent bénéficier d'une aide et d'un accompagnement pour rénover leur logement de plus de 15 ans. Les travaux doivent permettre d'améliorer d'au moins 25 % la performance énergétique du logement.

48. La Certification CSTBat est une certification de produit, destinée à attester de la conformité des produits à des spécifications techniques.

Aides des collectivités locales

Certaines régions, certains départements, des intercommunalités, des communes peuvent accorder des aides complémentaires aux aides nationales dans le cadre de la réalisation de travaux d'amélioration de la performance énergétique et équipements d'énergies renouvelables. C'est notamment le cas pour le Fonds air bois. Les Fonds air bois, à l'initiative des collectivités locales et de l'ADEME, apportent une aide financière additionnelle pour le remplacement d'un ancien appareil de chauffage au bois datant d'avant 2002 par un appareil très performant de chauffage au bois. Ce type de soutien financier doit permettre de retirer du marché les appareils les plus polluants et de réduire d'au moins 25 % les émissions de particules fines du chauffage au bois individuel sur la zone.

Liste des collectivités proposant la prime du Fonds Air⁴⁹ :

- Le département des Bouches du Rhône offre une aide de 1 000 € sans conditions de ressources.
- L'agglomération de Lyon propose une aide allant de 500 à 1 000 € sous conditions de ressources.
- L'agglomération du Grand Annecy offre une aide de 1 000 à 2 000 € selon les revenus des habitants.
- La communauté de Communes Arve et Salève offre une prime de 1 000 à 2 000 € (sous conditions).
- Plusieurs communes de la Vallée de l'Arve proposent une aide forfaitaire de 2 000 €.
- L'agglomération d'Annemasse accorde une « Prime Chauffage Bois » de 1 000 €.
- L'agglomération Grand Chambéry offre une aide de 1 000 à 2 000 € en fonction du poêle.
- La métropole de Grenoble offre une prime de 800 € à 1 200 € (sous conditions).
- La communauté de communes du Grésivaudan offre une prime de 800 € à 1 200 € (sous conditions).
- Le Pays voironnais offre une aide de 400 € à 800 € (en fonction du revenu des ménages).

-Le Pays de Cambresis offre une subvention pouvant atteindre 1 350 € (sous conditions).

-L'Eurométropole de Strasbourg offre une prime de 600 à 1600 € (sous réserve).

- 4 communautés d'agglomération / de communes du département de l'Essonne (Paris Saclay, Val d'Yerres Val de Seine, Cœur Essonne Agglomération et Pays de Limours) offrent une aide de 1 000 € pour le remplacement de foyers fermés utilisés en chauffage principal. Dorénavant, ce dispositif va s'étendre à toute installation de chauffage au bois en Île-de-France et le montant de l'aide pourra aller jusqu'à 2 000 €.

L'exonération de la taxe foncière

Elle est décidée par les collectivités locales qui peuvent, sur délibération, proposer 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.

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.

Autres prêts

Il existe un certain nombre de prêts liés à des travaux de performance énergétique : les prêts 1 % d'Action logement, les prêts de la Caisse des Dépôts et Consignation aux organismes Habitations à Loyer Modéré (HLM) et aux Sociétés d'Économie Mixte (SEM).

8.3. Cadre réglementaire

La réglementation thermique des bâtiments

La réglementation thermique 2012 (RT2012) pour les bâtiments neufs impose une exigence de type bâtiment basse consommation (BBC) pour les maisons individuelles, les logements collectifs et les bâtiments tertiaires.

Les maisons individuelles neuves ont avec la RT2012 une obligation d'installation d'un minimum d'énergie renouvelable, satisfaite généralement par la pose d'un équipement de chauffage au bois, d'une pompe à chaleur, de panneaux solaires thermiques, etc.

Depuis novembre 2016, les labels E+C- qui concernent l'énergie et le carbone sont ouverts aux projets de bâtiments neufs. Mais à partir de 2021, cette réglementation sera remplacée par la Réglementation Environnementale 2020 (RE 2020) qui se veut plus ambitieuse pour lutter contre le réchauffement climatique. L'objectif est de diminuer l'impact environnemental de l'ensemble du cycle de vie des bâtiments. Pour cela la RE 2020 impose que les nouveaux bâtiments soient tous des bâtiments à énergie positive (BEPOS), c'est-à-dire produisant plus d'énergie qu'ils n'en consomment. Cette décision découle des travaux de recherche menés grâce au label E+C- (Bâtiment à énergie positive et réduction carbone). Les bâtiments neufs devront avoir de meilleures performances d'isolation et d'énergie grâce à l'utilisation

d'énergies renouvelables notamment pour la production de chaleur. Les bâtiments devront être mieux équipés pour faire face aux canicules grâce à l'utilisation de systèmes de production de fraîcheur renouvelable. Les labels E+C- ont 4 niveaux énergie et 2 niveaux carbone. Les niveaux énergie 1 et 2 favorisent la performance énergétique et les énergies renouvelables, les niveaux énergie 3 et 4 commencent à prendre en compte l'aspect bâtiment à énergie positive.

L'arrêté du 16 août 2017 relatif à l'agrément des modalités de prise en compte du géocooling - production de frais - dans la RT2012 a permis de rappeler l'importance du froid renouvelable et de redynamiser la géothermie de minime importance.

Les Directives Européennes pour les produits liés à l'énergie

La Directive « Ecoconception » ou « Ecodesign » est une Directive Européenne qui impose un minimum de performance à un certain nombre de produits mis sur le marché européen. Elle s'accompagne de la Directive Étiquetage Énergétique qui permet d'informer le consommateur et de comparer les produits d'un même type sur le plan de la performance énergétique. Ces Directives se déclinent en règlements par groupes de produits.

49. Source : ADEME



L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire. L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

www.ademe.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



La FEDENE, Fédération des Services Énergie Environnement, regroupe, à travers 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 facilities management et l'ingénierie de projets. Ces services répondent à deux enjeux majeurs de la transition énergétique : la réalisation d'économies d'énergies dans les bâtiments et le développement des énergies renouvelables et de récupération thermique. Les adhérents de la FEDENE proposent et mettent en œuvre des prestations sur mesure, fondées sur des engagements de performances réelles sur le long terme. 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 (TPE, PME, ETI, GE). Les adhérents emploient plus de 60 000 salariés et proposent des emplois non délocalisables. En tant que branche professionnelle représentative des métiers de services à l'énergie, la FEDENE gère les dispositions conventionnelles pour répondre aux évolutions des métiers, législatives et réglementaires et promeut également des actions de formation et sécurité accompagnant ces évolutions. 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 SNCU œuvre, en lien avec ses partenaires français et européens, au développement des réseaux de chaleur et de froid vertueux. Il mène depuis les années 1980 des enquêtes nationales annuelles qui représentent la seule source d'informations techniques du secteur. 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) ; soit, 90 % de la capacité d'incinération du parc français. Il promeut l'activité, le développement et la représentation des intérêts de la profession. Le SVDU est adhérent à la FNADE et au CEWEP.

www.fedene.fr



Le Syndicat des énergies renouvelables SER regroupe 400 adhérents, représentant un secteur générant plus de 150 000 emplois. Elle est l'organisation professionnelle qui rassemble les industriels de l'ensemble des filières énergies renouvelables : bois-énergie, biocarburants, éolien, énergies marines, gaz renouvelables, géothermie 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



Uniclimate est le syndicat professionnel des industries thermiques, aéronautiques et frigorifiques. Il rassemble 87 sociétés ou groupes qui réalisent un chiffre d'affaires de près de 6 milliards d'euros, dont 1,5 à l'export, pour près de 25 000 emplois en France. Uniclimate représente les domaines d'activité suivants : la chaleur, y compris la chaleur renouvelable, la qualité de l'air et le froid, pour des applications dans les secteurs résidentiels, tertiaires et industriels.

www.uniclimate.fr

Ont contribué à cette édition :

ADEME : les Services Forêt Alimentation et Bioéconomie (SFAB) et Réseaux et Énergie Renouvelables (SRER)

CIBE : Elodie PAYEN, Clarisse FISCHER

FEDENE : Bérangère FORCET, Hugo BELIN, Léo VALENTIN

SER : Kristofer POIRIER, Robin APOLIT, Johanna FLAJOLLET-MILLAN, Quitterie VINCENT, Axel RICHARD, Gilles CORMAN, Samy ENGELSTEIN

UNICLIMA : Valérie LAPLAGNE

ADEME 155 bis Avenue Pierre Brossolette, 92240 Montrouge / www.ademe.fr

CIBE 28 rue de la pépinière - 75008 PARIS / www.cibe.fr

FEDENE 28 rue de la pépinière - 75008 PARIS / www.fedene.fr

Syndicat des énergies renouvelables 13-15 rue de la Baume - 75008 Paris / www.enr.fr

UNICLIMA FIEEC - 11-17 rue de l'Amiral Hamelin - 75116 Paris / www.uniclima.fr

La responsabilité de l'ADEME, 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.