



PANORAMA DE LA CHALEUR RENOUVELABLE ET DE RÉCUPÉRATION

ÉDITION 2019



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 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	34
5.1. Chiffres clés	35
5.2. Focus régionaux	35
5.3. 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

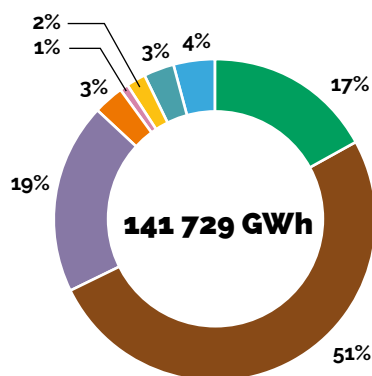
Le « Panorama de la chaleur renouvelable et de récupération », réalisé par le CIBE, la FEDENE, le SER, UNICLIMA et avec la participation de l'ADEME, se veut un outil d'accompagnement de la transition énergétique, pour laquelle la chaleur est un enjeu majeur puisqu'elle représente aujourd'hui la moitié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

Cette troisième 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 chauffage au bois 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 existantes, les atouts de chaque filière, des exemples de réalisation et des focus sur les gisements existants.

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 du projet de Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE)² qui devrait paraître fin 2019. En effet, 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 2018 à 19,9 %³.

Part de chaque filière dans la production de chaleur renouvelable en 2018

Source : SER



Chaufferies bois énergie (collectif, industriel et tertiaire)	23 704 GWh
Chauffage au bois domestique	72 477 GWh
Pompes à chaleur aérothermiques	26 848 GWh
Géothermie de surface	4 436 GWh
Géothermie profonde	1 783 GWh
Chaleur solaire	2 033 GWh
Gaz renouvelables	4 628 GWh
Unités de Valorisation Énergétiques (UVE) des Déchets	5 820 GWh ⁴

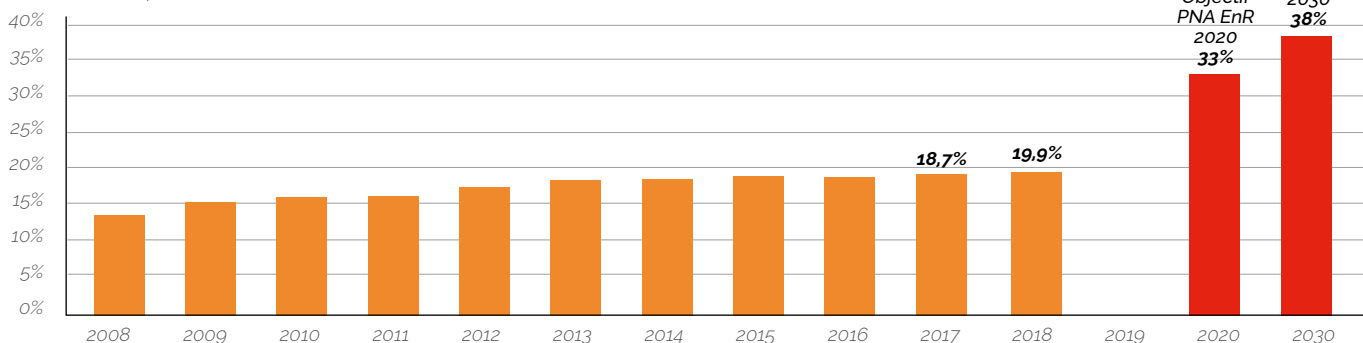
En effet, en 2018, la consommation finale brute de chaleur atteignait 709 997 GWh dont 141 729 GWh de chaleur renouvelable. Ces chiffres illustrent le retard pris dans le secteur de la chaleur renouvelable et la nécessité de mettre en oeuvre, pour toutes les filières de production, les moyens nécessaires 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.

141 729 GWh
de production
thermique
renouvelable
en 2018

19,9 %
de la consommation
finale de chaleur
en 2018

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. Projet de décret relatif à la Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE).

3. Source : SER d'après les données provisoires du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES) : « Les énergies renouvelables en France en 2018 - Suivi de la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation des énergies renouvelables », septembre 2019.

4. La production de la filière atteint en réalité 11 639 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 2018

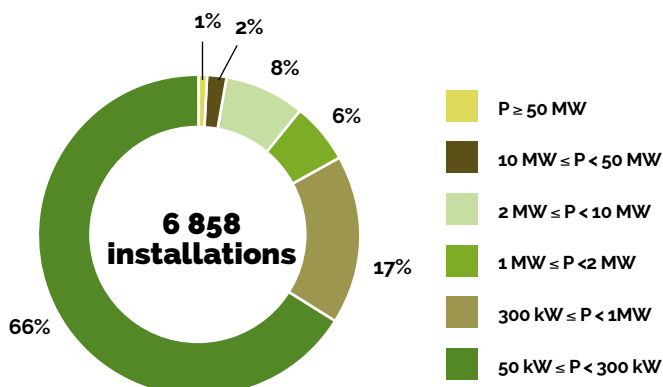
Les chaufferies bois énergie de type collectif, industriel et tertiaire de puissance supérieure ou égale à 50 kW ont produit 23 700 GWh de chaleur renouvelable en 2018 en France métropolitaine. Cette production couvre 3,3 % de la consommation finale de chaleur en 2018.

1.1.2. Parc installé

1.1.2.1. Caractéristiques du parc

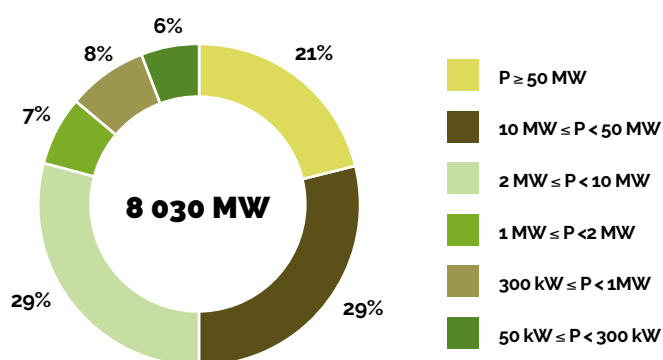
Répartition en nombre de chaufferies bois énergie ≥ à 50 kW

Source: CIBE au 31 décembre 2018



Répartition en puissance cumulée de chaufferies bois énergie ≥ à 50 kW

Source: CIBE au 31 décembre 2018

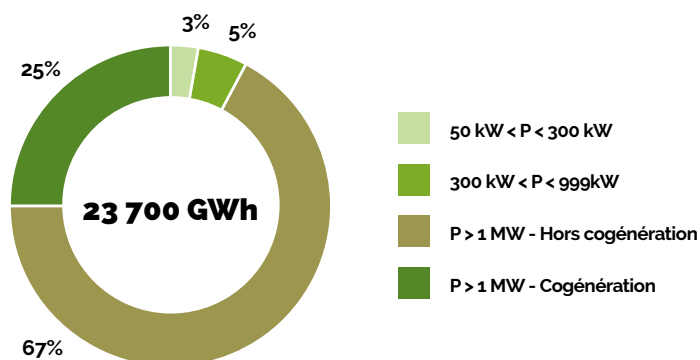


Les chaufferies aux puissances supérieures ou égales à 10 MW représentent 3 % des installations mais 50 % de la puissance totale installée. Les chaufferies aux puissances comprises entre 50 kW et 1 MW représentent 83 % des installations, mais seulement 14 % de la puissance totale installée.

5. Depuis 2007, le CIBE fait appel au réseau des animateurs bois énergie – dont l'Observatoire Bois industrie et Bois énergie - FIBOIS Grand Est et Les Collectivités forestières Occitanie dans le cadre de l'Observatoire interrégional bois énergie Occitanie - 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 : ce sont deux installations de 260 MW et de 45 MW.

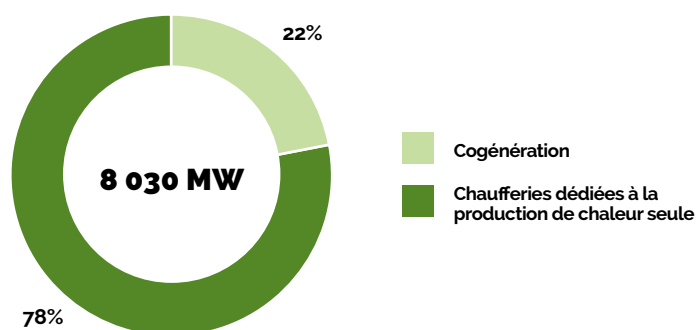
Répartition en production annuelle de chaleur renouvelable issue de chaufferies bois énergie \geq à 50 kW

Source: CIBE au 31 décembre 2018



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

Source: CIBE au 31 décembre 2018

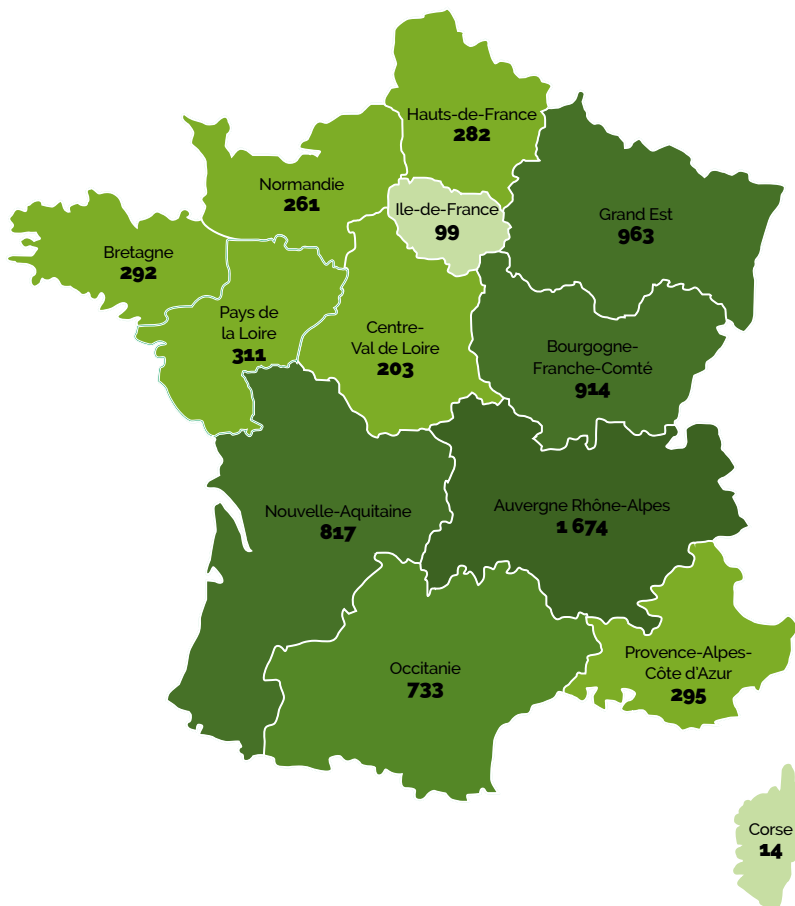
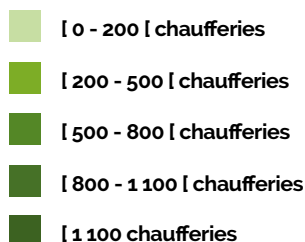


Parmi les chaufferies bois énergie, le nombre d'installations de cogénération (valorisant à la fois de l'électricité et de la chaleur) est inférieur à 1 % et correspond à 22 % de la production thermique renouvelable.

1.1.2.2. Répartition régionale du parc

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

Source : CIBE au 31 décembre 2018



Auvergne-Rhône-Alpes
1 674 chaufferies



Grand-Est
963 chaufferies

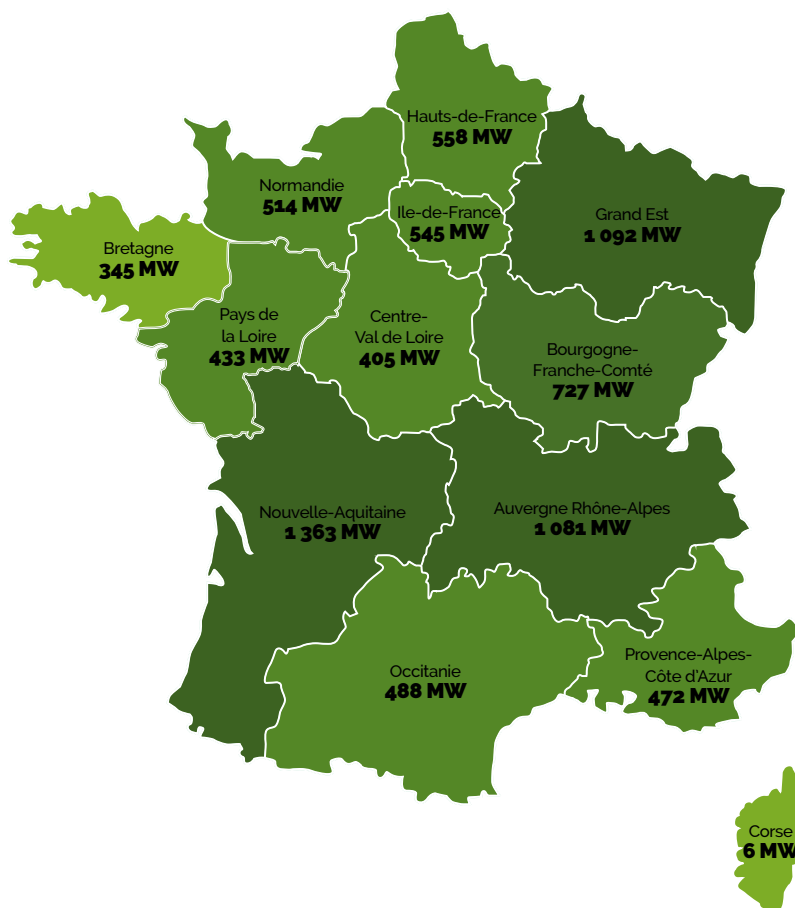
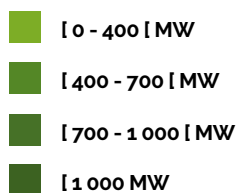


Bourgogne-Franche-Comté
914 chaufferies



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

Source : CIBE au 31 décembre 2018



Nouvelle-Aquitaine
1 363 MW



Grand Est
1 092 MW



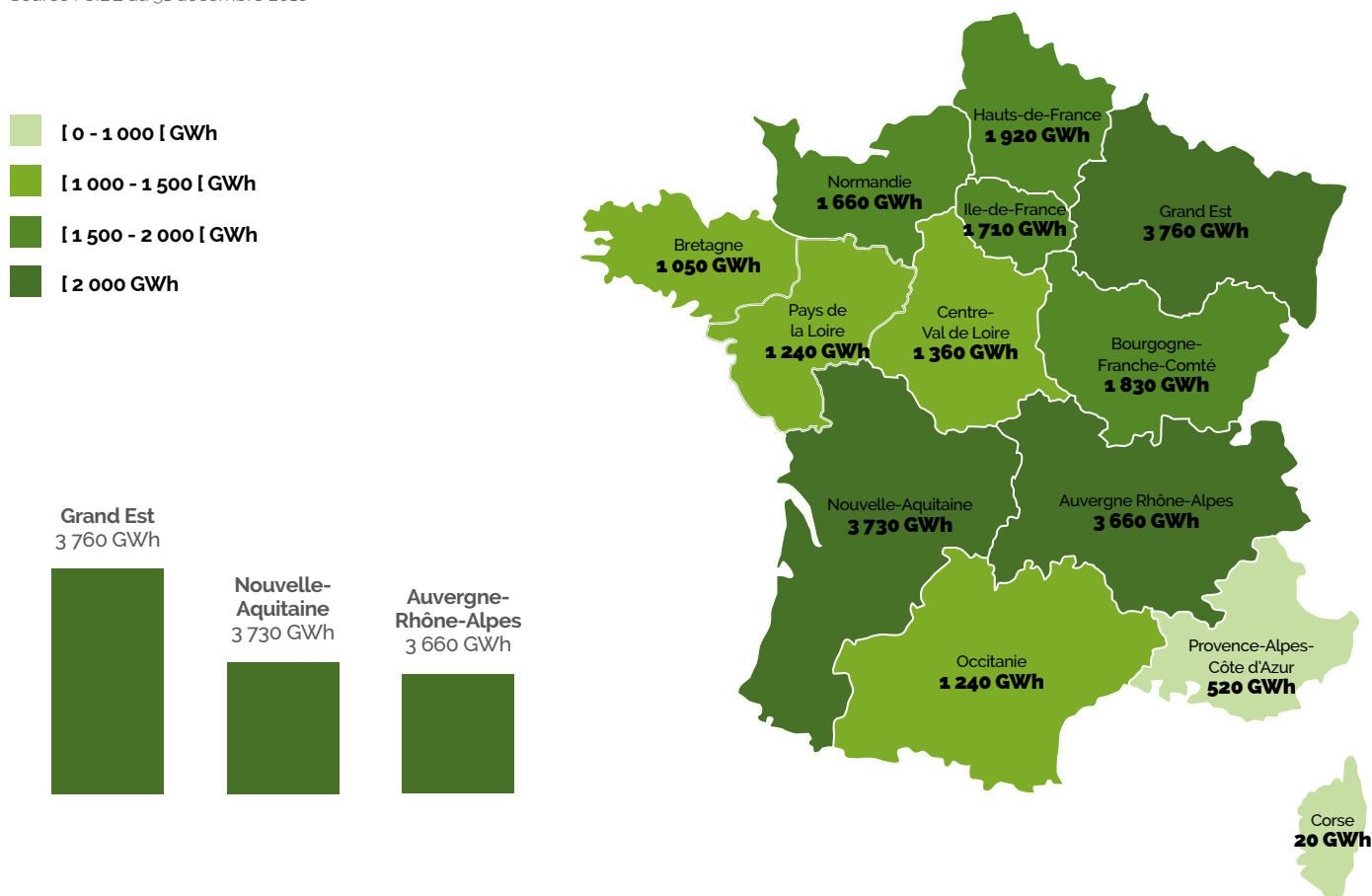
Auvergne-Rhône-Alpes
1 081 MW



1.1.2.3. Production de chaleur renouvelable annuelle du parc

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

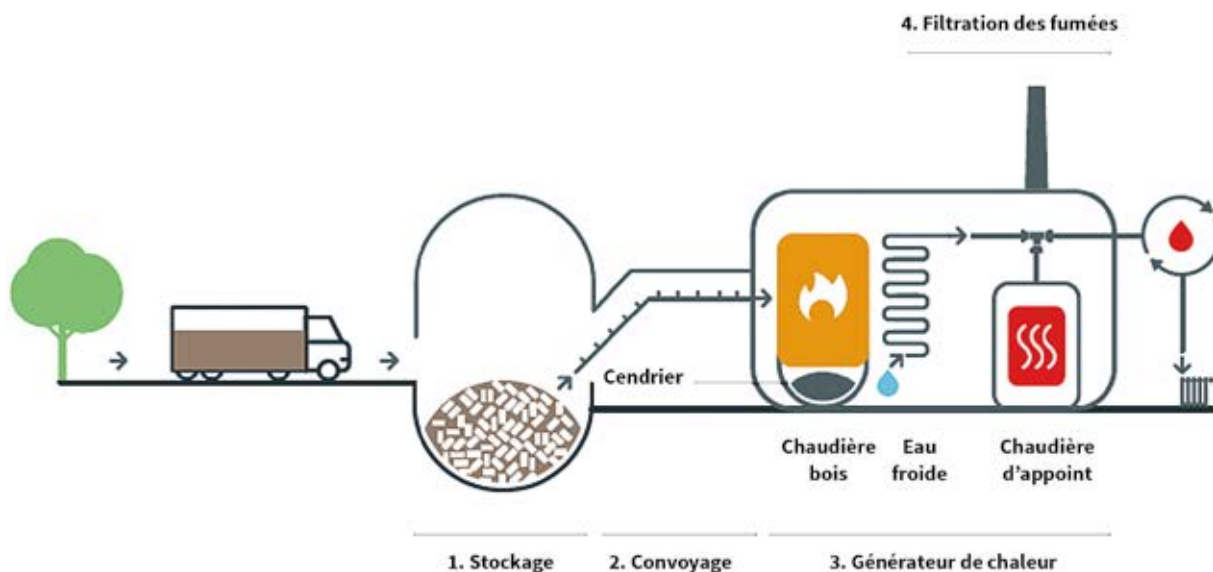
Source : CIBE au 31 décembre 2018



1.1.3. Typologie des installations

Principes de fonctionnement d'une chaufferie bois énergie

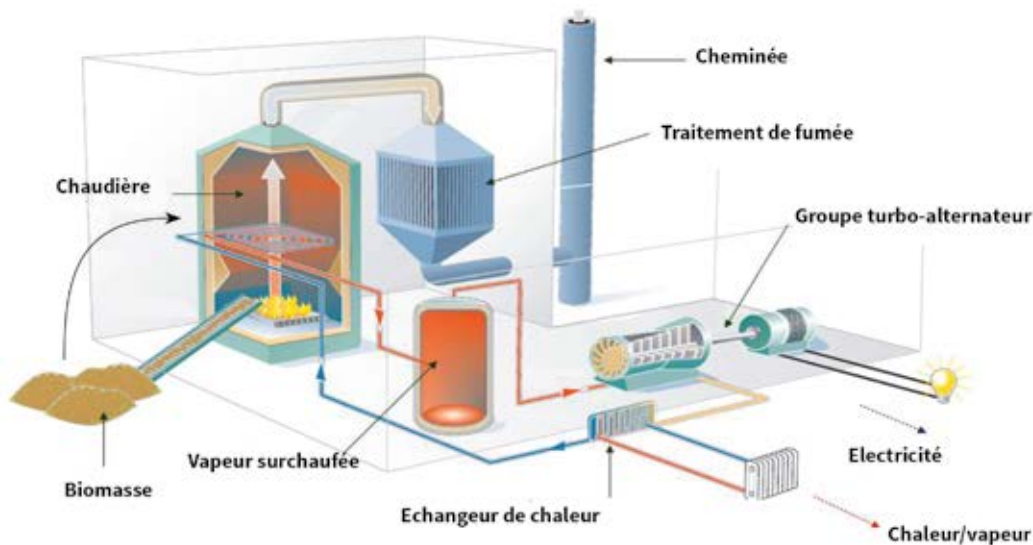
Une chaufferie bois énergie est un bâtiment, ou partie d'un bâtiment, dédié à la production de chaleur. Les installations sont équipées d'une alimentation automatique de combustible et structurées en quatre parties, adaptées à l'utilisation d'un combustible solide.



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

Principes de fonctionnement d'une installation de cogénération bois énergie

Par cogénération, on entend la transformation simultanée 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. Le terme de cogénération ne désigne pas une technologie spécifique, mais plutôt un principe de fonctionnement.



Source : © Engie Cofely

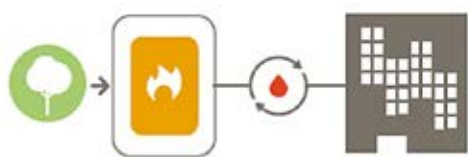
Les différents modes de valorisation de la chaleur bois énergie

Les évolutions technologiques des chaufferies permettent aujourd'hui d'opter 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

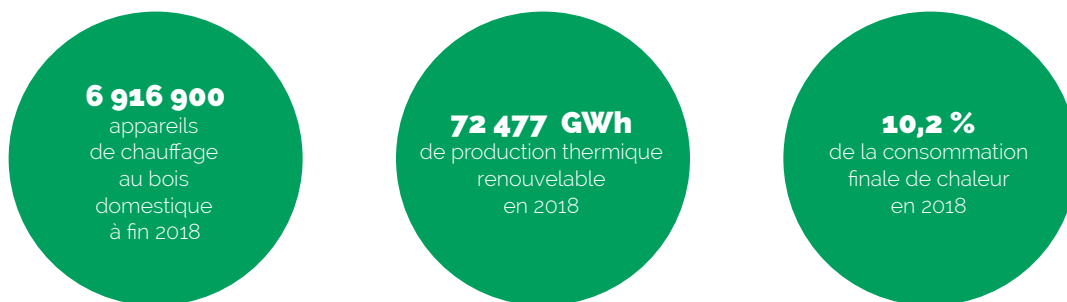


EXEMPLE DE RÉSEAU DE CHALEUR :
1 500 équivalents logements
= une chaufferie bois de 2,5 à 3 MW
= 4 000 tonnes de bois consommées par an

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

1.2. Chauffage au bois domestique

1.2.1. Chiffres clés⁶



► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2018⁷

Les 6 916 900 appareils de chauffage au bois domestique ont produit 72 477 GWh de chaleur renouvelable en 2018, en France métropolitaine. Le remplacement continu des appareils anciens par des appareils performants permet une meilleure production thermique.

Cette production thermique renouvelable couvre 10,2 % de la consommation finale de chaleur.



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.

6. Source : SER

7. Le modèle de calcul a évolué. Il repose notamment 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 2018 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 12 %, elle se réduit chaque année. En effet, en 6 ans, cette part a diminué d'environ 30 %. 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 2018

Source: ADEME/Observ'ER / SDES / SER

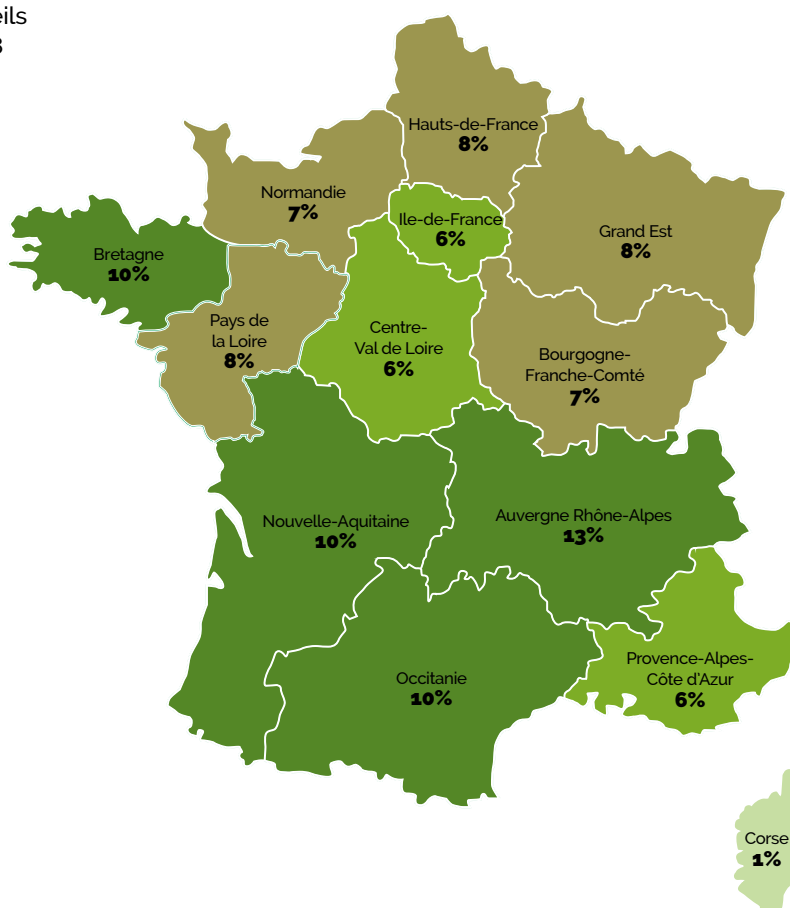
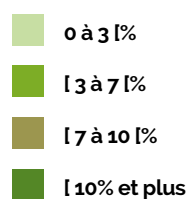


Les foyers fermés / inserts à bûches sont toujours majoritaires en 2018. Les appareils indépendants (inserts, foyers fermés et poêles) représentent 79 % du parc national.

1.2.2.2. Répartition régionale des ventes d'appareils en 2018

Répartition régionale des ventes d'appareils de chauffage au bois domestique en 2018

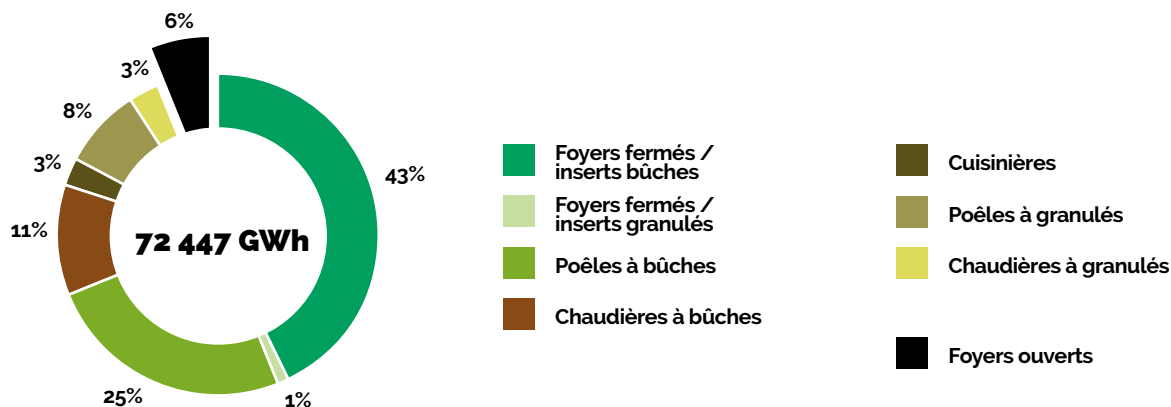
Source : Observ'ER 2019



1.2.2.3. Production de chaleur renouvelable par typologie d'appareils⁸

Production de chaleur renouvelable issue des appareils de chauffage au bois domestique au 31 décembre 2018

Source : ADEME / Observ'ER / SDES / SER



Les chaudières à bûches et à granulés ne constituent que 6 % 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, 88 % de la production thermique provient de la bûche, contre 12 % 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.

8. 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

Focus sur la filière biomasse solide dans l'Union européenne à fin 2017⁹:

- **938 000 GWh** de production thermique renouvelable issus de la biomasse solide
- La France est le **deuxième consommateur** de chaleur issue de la biomasse solide en Europe
- **1,8 MWh** de consommation de chaleur issue de la biomasse solide **par habitant** en Europe

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)¹⁰.

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 processus de production (liqueurs noires, etc.)

LES COMBUSTIBLES BOIS HORS FORÊT

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

9. Bioenergy Europe, Statistical Report 2019 – Biomass for heat. En ce qui concerne la France, les données « biomasse solide » intègre le bois domestique.

10. Questions/Réponses Bois Énergie, SER.

FOCUS SUR LE GISEMENT DE BOIS FORESTIER EN FRANCE

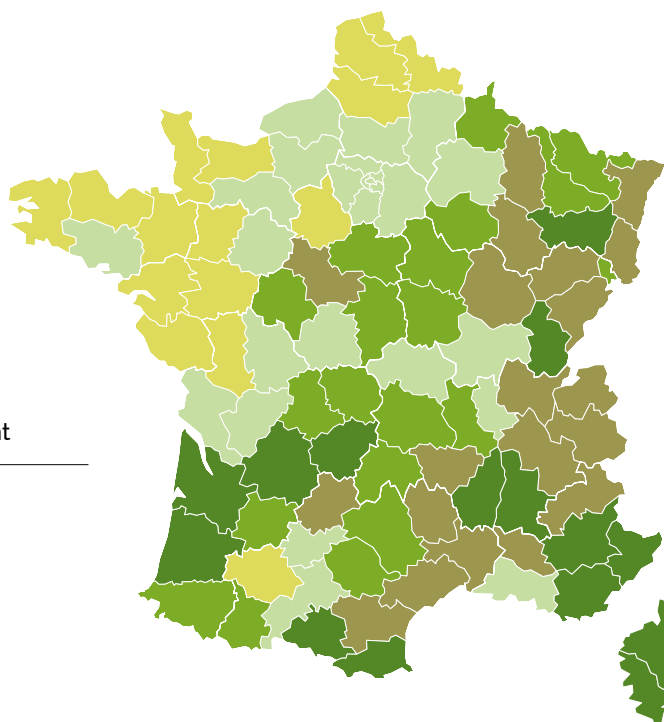
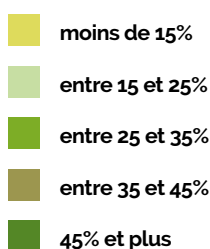
Avec une surface forestière de presque 17 millions d'hectares, recouvrant près de 31 % de son territoire, la France métropolitaine se place en quatrième position des pays européens derrière la Suède, la Finlande et l'Espagne. Notre pays dispose également d'une surface de 8,3 millions d'hectares en outre-mer, dont 98 % 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.

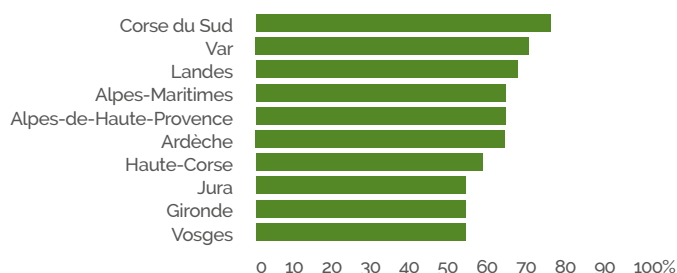
Selon les données de l'IGN, en moyenne sur la période 2008-2016, l'accroissement naturel de bois sur pied s'élève en France métropolitaine à 91,5 millions de m³/an. La production annuelle moyenne est de 5,7 m³/ha/an sur l'ensemble de la métropole. Sur la même période, le volume de prélèvement de bois d'œuvre, bois d'industrie et bois énergie s'élève en moyenne à 46,4 millions de m³/an, ce qui représente seulement 51 % 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 2,7 milliards de m³, soit 170 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 2018

Source : IGN 2018, inventaire forestier¹¹



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.

11. La carte présente les taux de boisement par département, à savoir la moyenne des campagnes d'inventaire de 2013 à 2017.

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. Elle

permet également 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 ;
- 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 ou indirectement, plus de 40 000 emplois, auxquels il faut ajouter de 20 000 à 30 000 emplois informels¹².

Le marché de la filière bois domestique représente 2,8 milliards d'euros de chiffre d'affaires, celui du bois collectif s'élève à 1,4 milliard d'euros (chiffres 2017)¹³.



En 2017, les filières bois énergie ont permis l'économie d'environ 20,9 millions de tonnes de CO₂. Il s'agit de tonnes de CO₂ évitées, sans tenir compte des effets sur le puits carbone de la forêt¹⁴.

1.3.4. Exemple de réalisation

Chaufferie bois de Safran Helicopters Engines à Bordes (64)



Safran Helicopter Engines, constructeur de moteurs d'hélicoptères, a fait le choix d'alimenter une grande partie du chauffage de sa nouvelle usine de Bordes « Joseph Szydlowski » en bois énergie. La conception, la réalisation et l'exploitation ont été confiées à ENGIE Cofely dans le cadre d'un contrat de 18 ans. La chaudière bois de 3 MW permet de couvrir 80 % des besoins de chauffage du site d'une superficie de 42 000 m² où 2 500 personnes sont employées.

Chiffres clés :

- **8 141 MWh/an** de production thermique par an
- **3 000 tonnes de bois par an** (50 % de plaquettes forestières et 50% de broyats d'emballages en bois)
- **80 % des besoins thermiques** du site assurés par la chaudière bois
- **1 640 tonnes de CO₂ évitées par an**
- **3,4 millions d'euros** d'investissements, dont 24 % par l'ADEME et le FEDER

12. Dynamiques de l'emploi dans les filières bioéconomiques, CGAAER, 2016

13. ADEME, Marchés et emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans les secteurs du transport, du bâtiment résidentiel et des énergies renouvelables, 2019.

14. Source : SER d'après méthodologie ADEME



© ADEME

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	18
2.2.3. Marché 2018	18
2.3. Caractéristiques et enjeux	18

2.1. Chiffres clés

6,8 millions
d'équipements
installés
à fin 2018

26 848 GWh
de production
thermique
renouvelable
en 2018

3,8 %
de la consommation
finale de chaleur
en 2018

► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2018

La production thermique renouvelable des pompes à chaleur aérothermiques s'élève à 26 848 GWh en 2018 en France métropolitaine et couvre 3,8 % de la consommation finale de chaleur sur cette même année. Le parc se compose de 6,8 millions d'équipements au 31 décembre 2018.

Focus sur le marché des pompes à chaleur aérothermiques dans l'Union européenne à fin 2017¹⁵ :

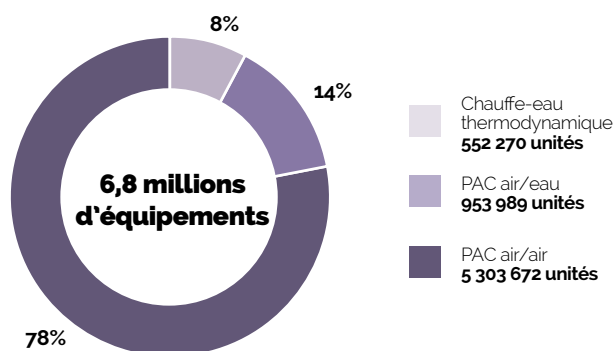
- 3 460 000 unités de pompes à chaleur aérothermiques vendues
- Un parc total de 33 millions de PAC
- La France est le 3^{ème} pays de l'Union européenne en nombre d'unités de PAC aérothermiques vendues.

2.2. Parc installé¹⁶

2.2.1. Caractéristiques du parc

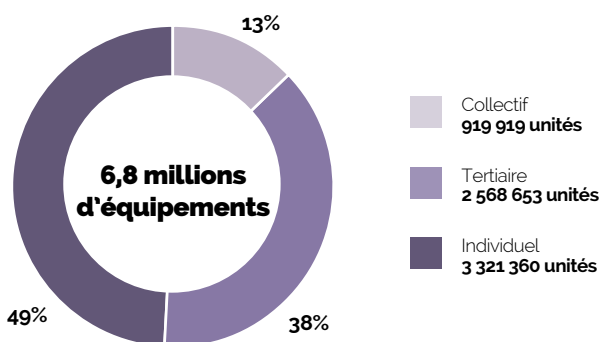
Nombre d'équipements installés par type de technologie au 31 décembre 2018

Source: AFPAC



Nombre d'équipements installés par secteur au 31 décembre 2018

Source: AFPAC



15. Source : EurObserv'ER

16. Typologies 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.

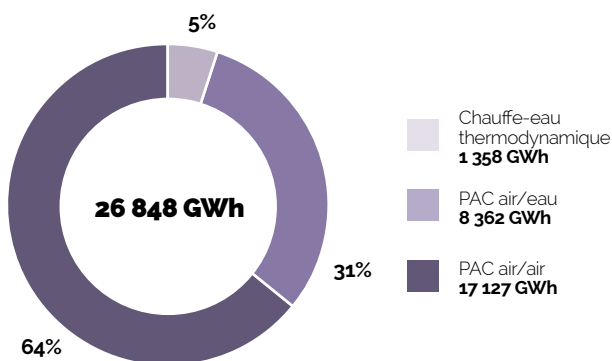
- La catégorie PAC air/eau inclut les chillers (refroidisseurs de liquide) également réversibles.

- La catégorie PAC air/air inclut les systèmes à Début de Réfrigérant Variable (DRV) et les unités de toiture (rooftop).

2.2.2. Production des installations

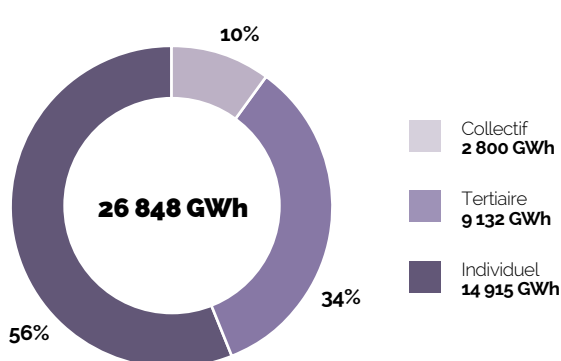
Production thermique renouvelable par type de technologie au 31 décembre 2018 (en GWh)

Source: AFPAC & SDES, d'après Observ'ER



Production thermique renouvelable par secteur au 31 décembre 2018 (en GWh)

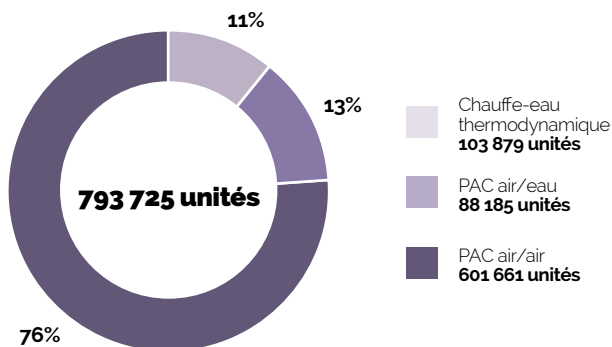
Source: AFPAC & SDES, d'après Observ'ER



2.2.3. Marché 2018

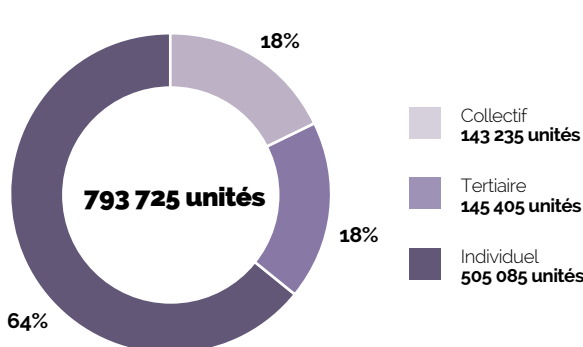
Répartition des ventes par type de technologie en 2018

Source: AFPAC, d'après PAC & clim'Info



Répartition des ventes par secteur en 2018

Source: AFPAC, d'après PAC & clim'Info



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 mais l'utilise pour chauffer un système d'eau, ce qui convient mieux à certains circuits de chauffage (plancher chauffant, radiateurs, etc.). 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. Elle permet également 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 thermofrigopompes (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 une vingtaine de sites industriels en France, la filière réalise un chiffre d'affaires de 3 milliards d'euros en 2018, avec un marché en progression de + 21 % par rapport à 2017, et compte 24 000 emplois directs et indirects (fabrication, distribution, installation et maintenance) en 2018¹⁷.

Le marché des PAC aérothermiques progresse de façon constante depuis plusieurs années, pour l'ensemble des typologies, avec notamment une hausse de 10 % des ventes entre 2017 et 2018.

En 2018, la filière PAC a permis l'économie d'environ 6,7 millions de tonnes de CO₂¹⁸.

2.3.4. Exemple de réalisation

Un bâtiment passif pour des logements sociaux à Vandœuvre-Lès-Nancy (54)



© Roif Maiz Architecture

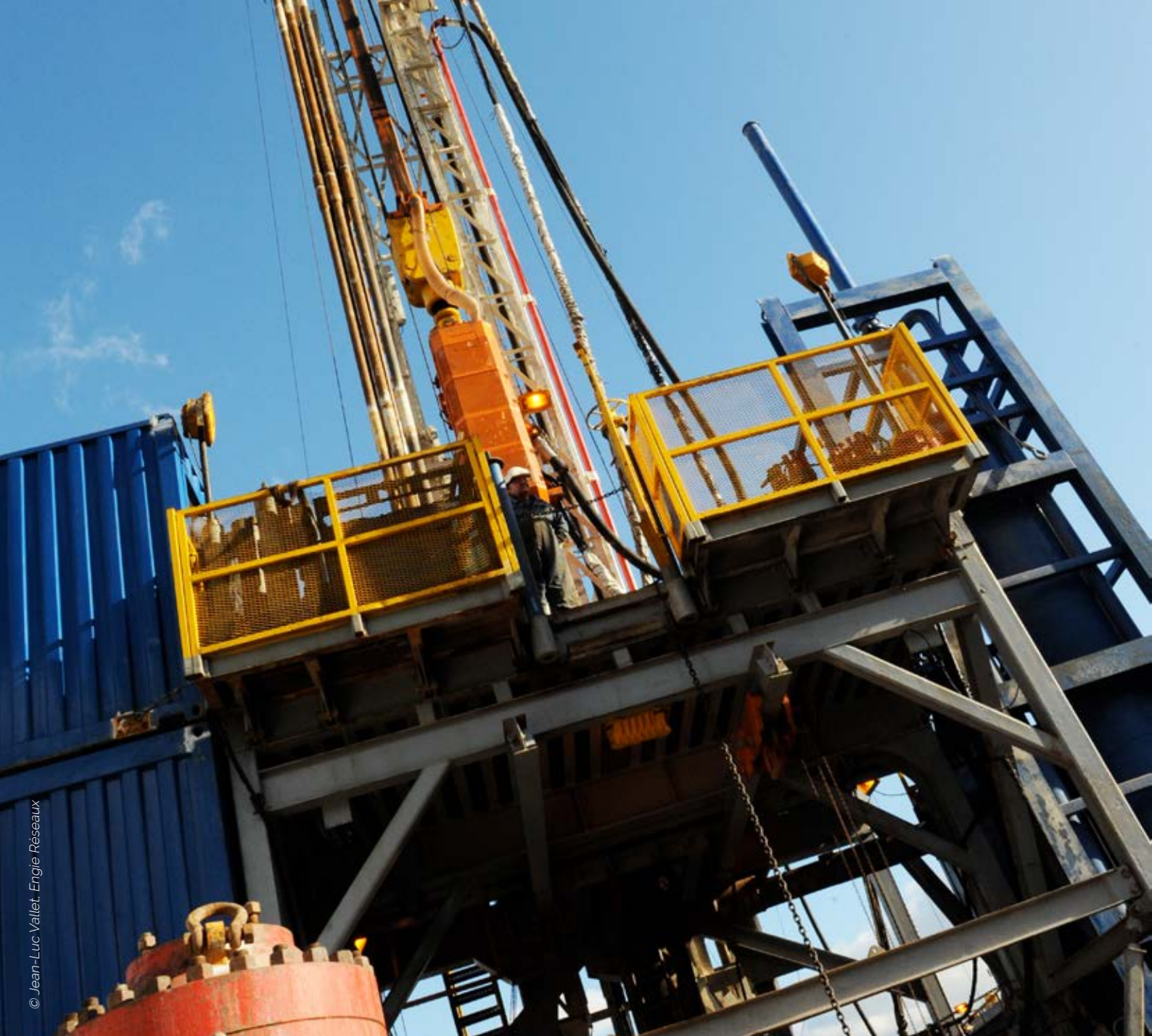
Cette résidence regroupe en un même bâtiment une maison de famille de 25 chambres pour personnes en réinsertion et 14 logements sociaux pour personnes âgées. Afin d'atteindre les exigences du label Passivhaus, standard européen en matière de réduction de consommation énergétique des bâtiments, l'eau chaude sanitaire est produite grâce à deux pompes à chaleur à haut rendement associées chacune à un ballon de stockage de 1 000 litres. Le maître d'ouvrage a également souhaité un suivi des consommations d'énergie sur 18 ans.

Chiffres clés :

- 2 PAC Hitachi de chacune 11 kW délivrant une température de 80°C associées chacune à 1 ballon de 1 000 L
- Un coefficient de performance moyen égal à 5
- Montant des travaux : 2,5 millions d'euros HT
- Une surface totale chauffée de 1 900 m²
- 7,66 kWh/m² de besoin annuel de chauffage

17. Source : AFPAC 2018

18. PAC géothermiques comprises



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

23

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 2018

La production thermique renouvelable des PAC géothermiques s'élève à 4 436 GWh en 2018 en France métropolitaine et couvre 0,6 % de la consommation finale de chaleur sur cette même année. Le parc se compose de 161 638 équipements au 31 décembre 2018.

Focus sur la filière géothermie de surface en Europe en 2018¹⁹

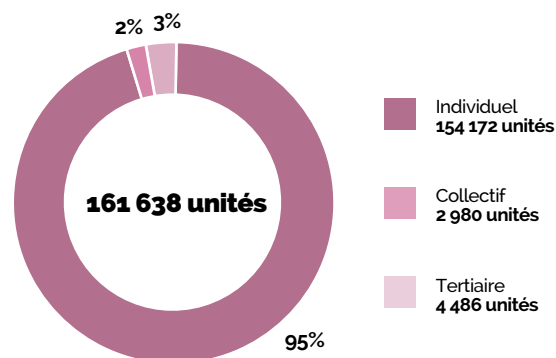
- Un parc total européen de près de 1,9 million d'unités de pompes à chaleur géothermiques en Europe.
- La France est le troisième pays en matière de capacité installée.

3.1.2. Parc installé

3.1.2.1. Caractéristiques du parc

Nombre de PAC géothermiques installées par secteur au 31 décembre 2018

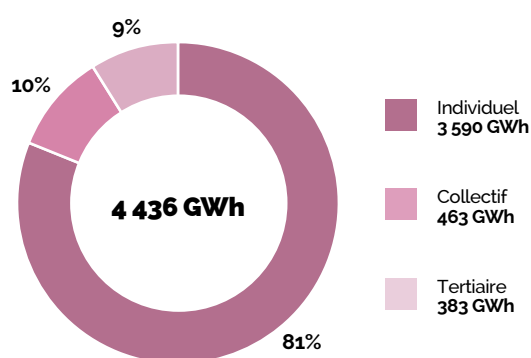
Source: AFPAC & AFPG d'après Observ'ER



3.1.2.2. Production des installations

Production thermique renouvelable des PAC géothermiques par secteur au 31 décembre 2018

Source: AFPAC & SDES, d'après Observ'ER

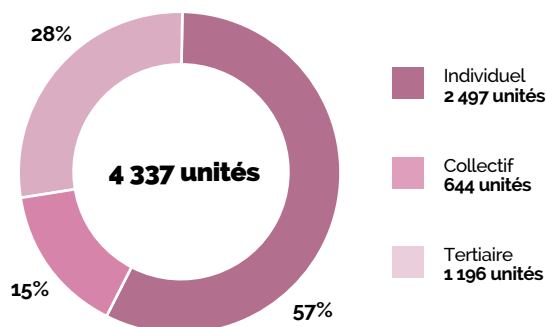


19. EGEC, Summary of EGC 2019 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe, 2019

3.1.2.3. Marché 2018

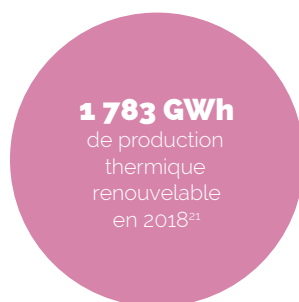
Répartition des ventes de PAC géothermiques par secteur en 2018

Source : AFPAC (d'après PAC & clim'info) & AFPG (d'après Observ'ER)



3.2. Géothermie profonde

3.2.1. Chiffres clés²⁰



► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2018

La production thermique renouvelable des équipements de la filière géothermie profonde s'élève fin 2018 à 1 783 GWh en France métropolitaine, couvrant 0,3 % de la consommation finale de chaleur. La géothermie profonde regroupe 79 opérations en fonctionnement dont 53 en Île-de-France.

Focus sur la filière géothermie profonde en Europe²² en 2018 :

- **35 292 GWh** de production de chaleur
- **10 612 MWh** de capacité totale installée
- La France est en cinquième position avec **6 % du total européen** en terme de capacité totale installée.

20. Source SER d'après AFPG et EGEC

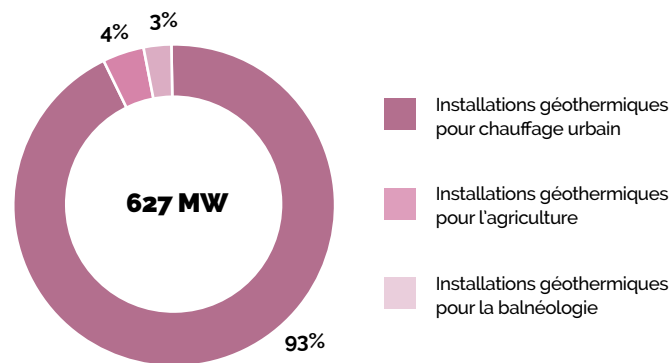
21. Les données de l'édition précédente du Panorama ont été extrapolées et ne sont pas comparables avec celles présentées dans cette nouvelle édition.

22. Par Europe, on entend l'Union européenne ainsi que la Bosnie-Herzégovine, la Bulgarie, l'Islande, la Macédoine du Nord, la Serbie, la Suisse, la Turquie et l'Ukraine.

3.2.2. Parc installé²³

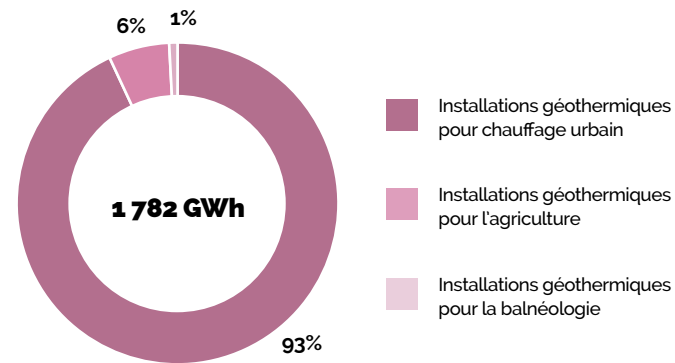
Capacité installée par usage
au 31 décembre 2018 (en MW)

Source: SER



Production de chaleur renouvelable annuelle
par usage au 31 décembre 2018 (en GWh)

Source: SER



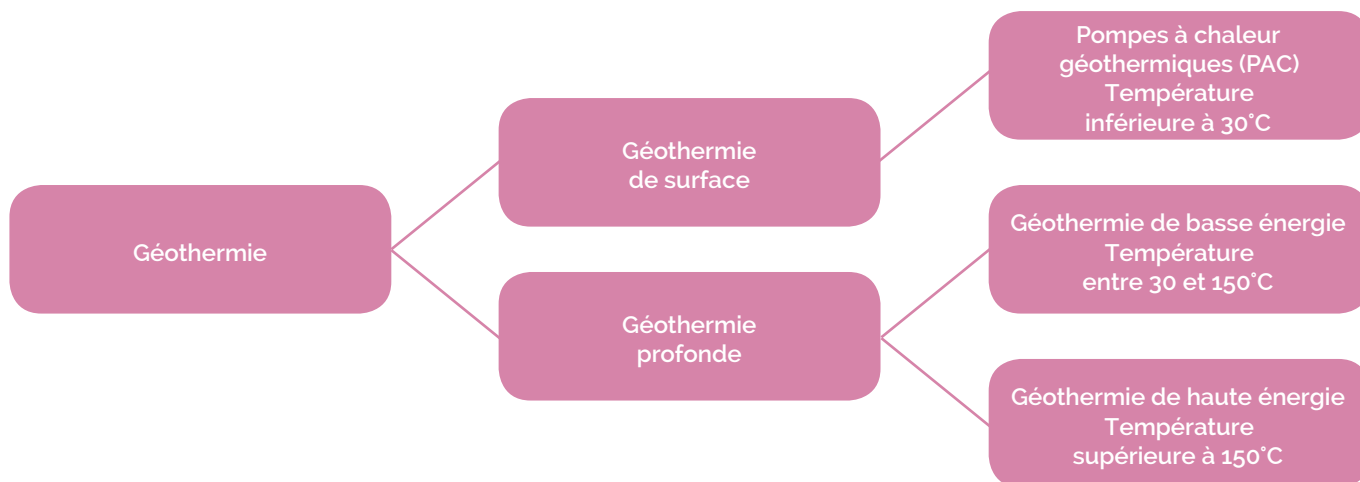
3.3. Caractéristiques et enjeux

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 œuvre 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.

23. EGEC, Summary of EGC 2019 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe, 2019

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

LA GÉOTHERMIE DE SURFACE

La géothermie de surface représente un marché au chiffre d'affaires de 221 millions d'euros ainsi que 1 150 emplois directs en 2017²⁴.

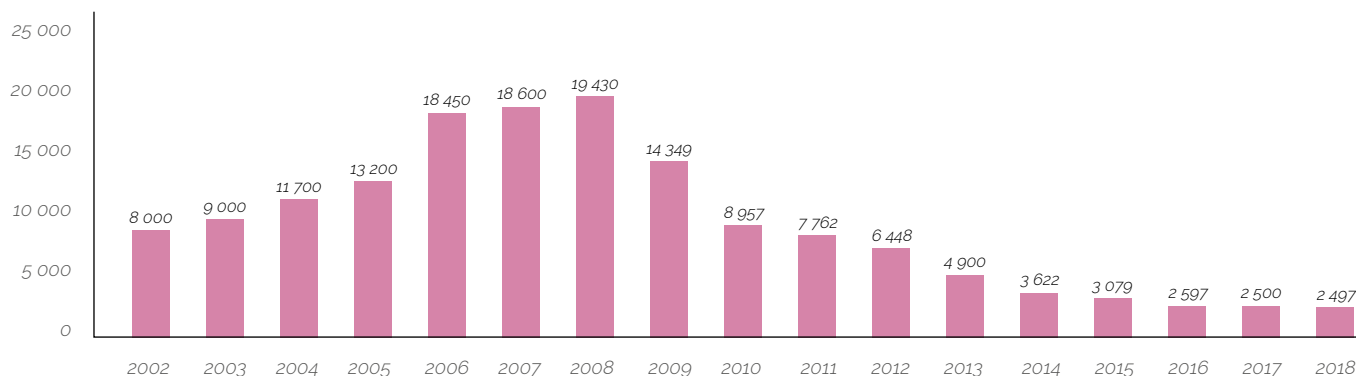
Malgré ses nombreux atouts et les progrès réalisés par la filière, le nombre de nouvelles installations annuelles de PAC géothermiques est en forte baisse dans le secteur individuel, passant de 19 000 en 2007 à 2 500 en 2018, et la France accentue son retard sur ses voisins. Bien que des mesures positives 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'informations 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

La géothermie profonde de basse énergie représente un chiffre d'affaires total de 113 millions d'euros, ainsi que 1 120 emplois directs²⁴.

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 termes. 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 car le gisement important de la France est peu exploité.

24. ADEME, Marchés et emplois concourant à la transition énergétique et écologique dans les secteurs du transport, du bâtiment résidentiel et des énergies renouvelables, 2019.

3.3.4. Exemples de réalisations

Géothermie de surface pour la Halle aux grains de la ville de Blois

@Commune de Blois



En région Centre-Val de Loire, la ville de Blois a fait le choix de la géothermie de surface dans le cadre de la rénovation, en 1985, de sa Halle aux grains et de sa transformation en salle de spectacle et de congrès. La Halle aux grains de Blois est un bâtiment classé aux monuments historiques. Ce choix est justifié par le grand avantage que possède la géothermie d'être une énergie particulièrement discrète. Associé aux économies de consommation énergétique, il s'avère toujours judicieux et rentable, plus de 30 ans après l'installation.

Chiffres clés :

- Une surface de **4 880 m²**
- **2 forages** de 70 et 90 m chacun
- Production : chaud, climatisation & rafraîchissement (par géocooling)
- Coût : **191 000 € en 1985** puis **101 000 € en 2011** pour le renouvellement anticipé de la PAC après 26 ans de fonctionnement
- Une économie de consommation d'électricité divisée par **2,5** par rapport à une solution électrique classique
- Un gain environnemental de **1 865 téq CO₂** par an
- **2 131 MWh** d'énergie finale économisée pour les certificats d'économie d'énergie de la Ville de Blois

Géothermie profonde sur l'Albien pour l'aménagement du plateau de Saclay

@AtticEPA - Paris-Saclay



Dans le cadre du projet d'aménagement majeur d'un pôle scientifique et technologique à dimension internationale, le campus urbain de Paris-Saclay s'est pleinement engagé à mettre en œuvre sur son territoire la transition énergétique. L'exploitation géothermique de la nappe de l'Albien et son raccordement à un réseau de chaleur étendu à l'ensemble du campus s'avère être la solution idéale pour pouvoir atteindre l'objectif d'un minimum de 50 % d'énergies renouvelables sur le plateau. Les installations ont été inaugurées le 24 juin 2019.

Chiffres clés :

- Une production géothermale de **27 GWh**, soit l'équivalent de **12 700 logements**
- Deux doublets de géothermie profonde à 700 mètres de profondeur
- Un réseau de chaleur et de froid via une boucle d'eau tempérée à 30°C
- Un investissement total de **43,3 millions d'euros**, dont 23,1 % ont été financés par l'ADEME
- Des **émissions de CO₂ divisées par quatre** et **6 100 tonnes de CO₂ évitées** par an
- **62 % de taux de couverture** des énergies renouvelables sur l'ensemble du réseau de chaleur

Focus sur le gisement géothermique en France

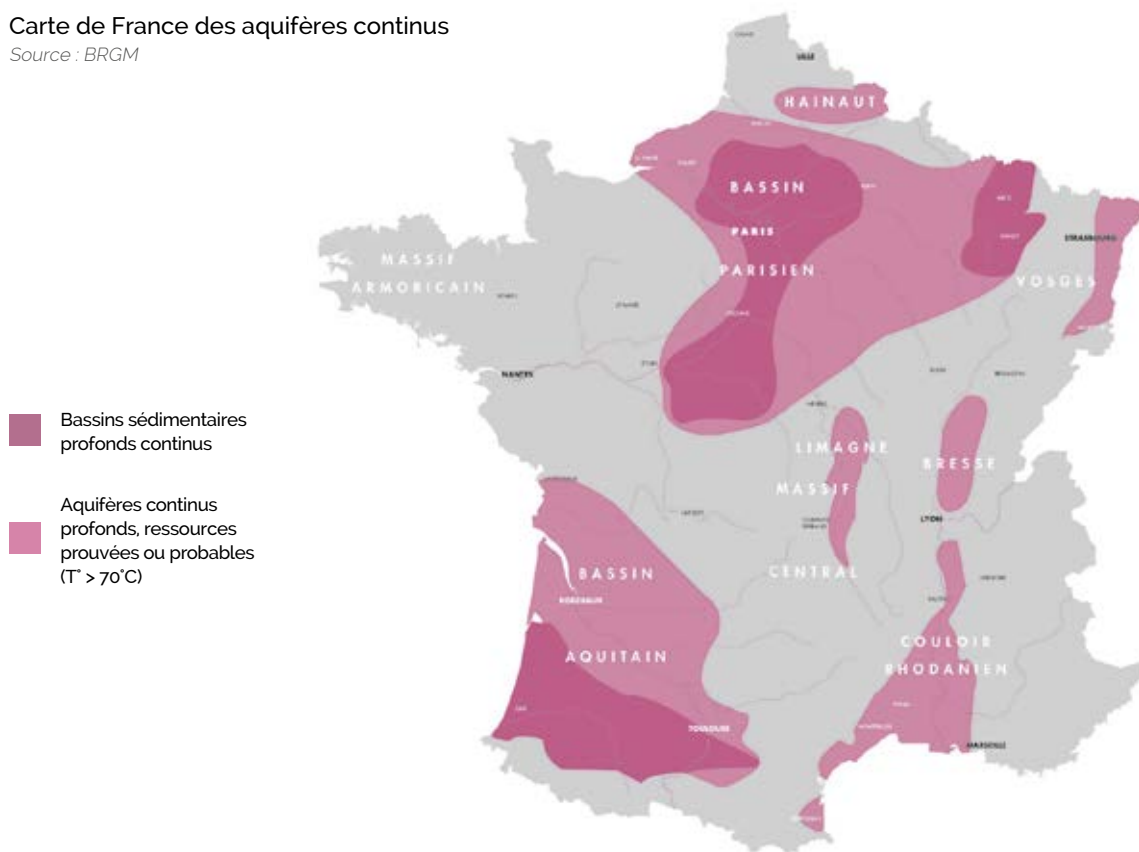
Si la géothermie de surface peut être installée facilement sur tout le territoire, l'exploitation de la géothermie profonde se limite à des formations géologiques suffisamment profondes et perméables, qui renferment des aquifères dont l'eau s'est réchauffée en profondeur au contact des roches. Ces ressources 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'aquaculture 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 53 opérations en fonctionnement, desservant plus de 200 000 équivalent-logements. Les mises en place du Fonds Chaleur et des lois Grenelle de l'Environnement ont permis la réalisation de 56 nouveaux forages depuis 2007. Outre l'Île-de-France, 33 opérations ont été réalisées dans le reste de la France, dont près de deux tiers fonctionnent toujours actuellement.

Carte de France des aquifères continus

Source : BRGM

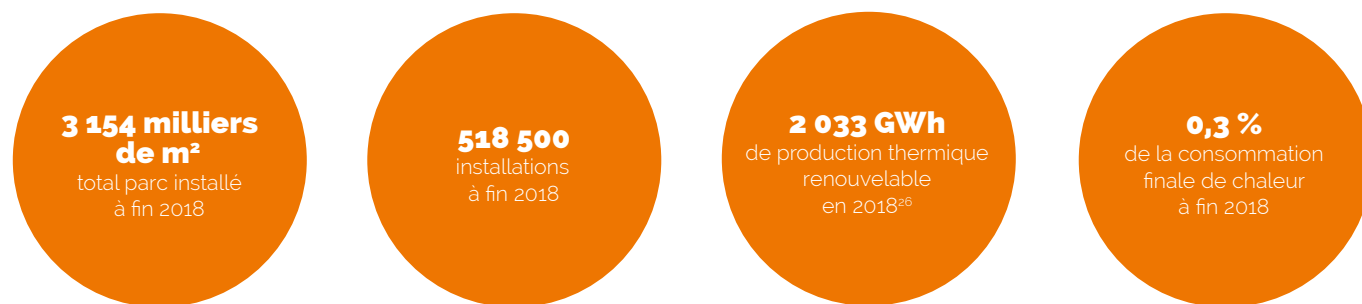




4. Chaleur solaire

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 2018	31
4.3. Caractéristiques et enjeux	32

4.1. Chiffres clés²⁵



► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2018

En 2018, 60 000 m² de capteurs solaires thermiques ont été installés, amenant ainsi la surface totale installée à 3 154 000 m² en France métropolitaine et DROM. 25 000 m² de surface installée étaient destinés à l'usage industriel^{27 & 28}.

En 2018, la production totale de chaleur renouvelable solaire s'élève à environ 2033 GWh, soit 0,3 % de la consommation finale de chaleur.

Focus sur la chaleur solaire dans l'Union européenne à fin 2018²⁹

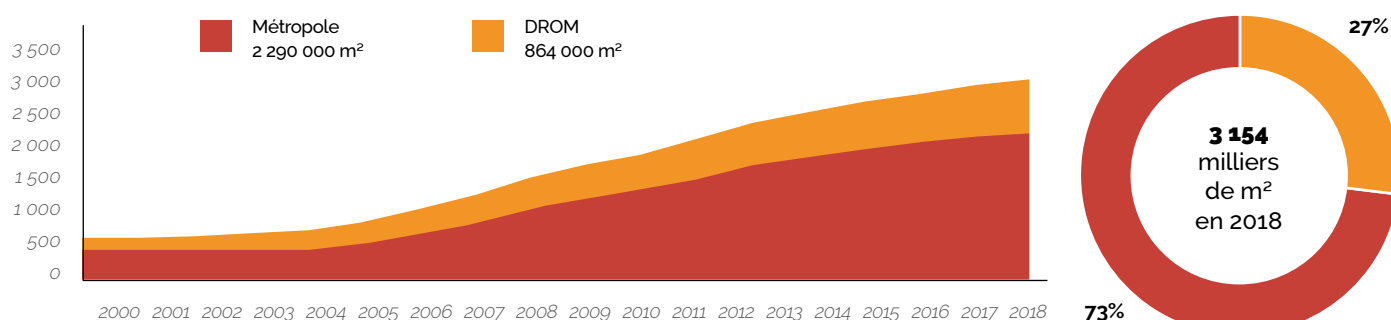
- **+2,2 millions de m²** de surface installée de capteurs solaires thermiques en 2018
- **53,4 millions de m²** de surface totale installée de capteurs solaires thermiques
- **37,4 GW** de puissance cumulée

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



25. 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.

26. Production des DROM comprise

27. Source : ADEME, décembre 2018

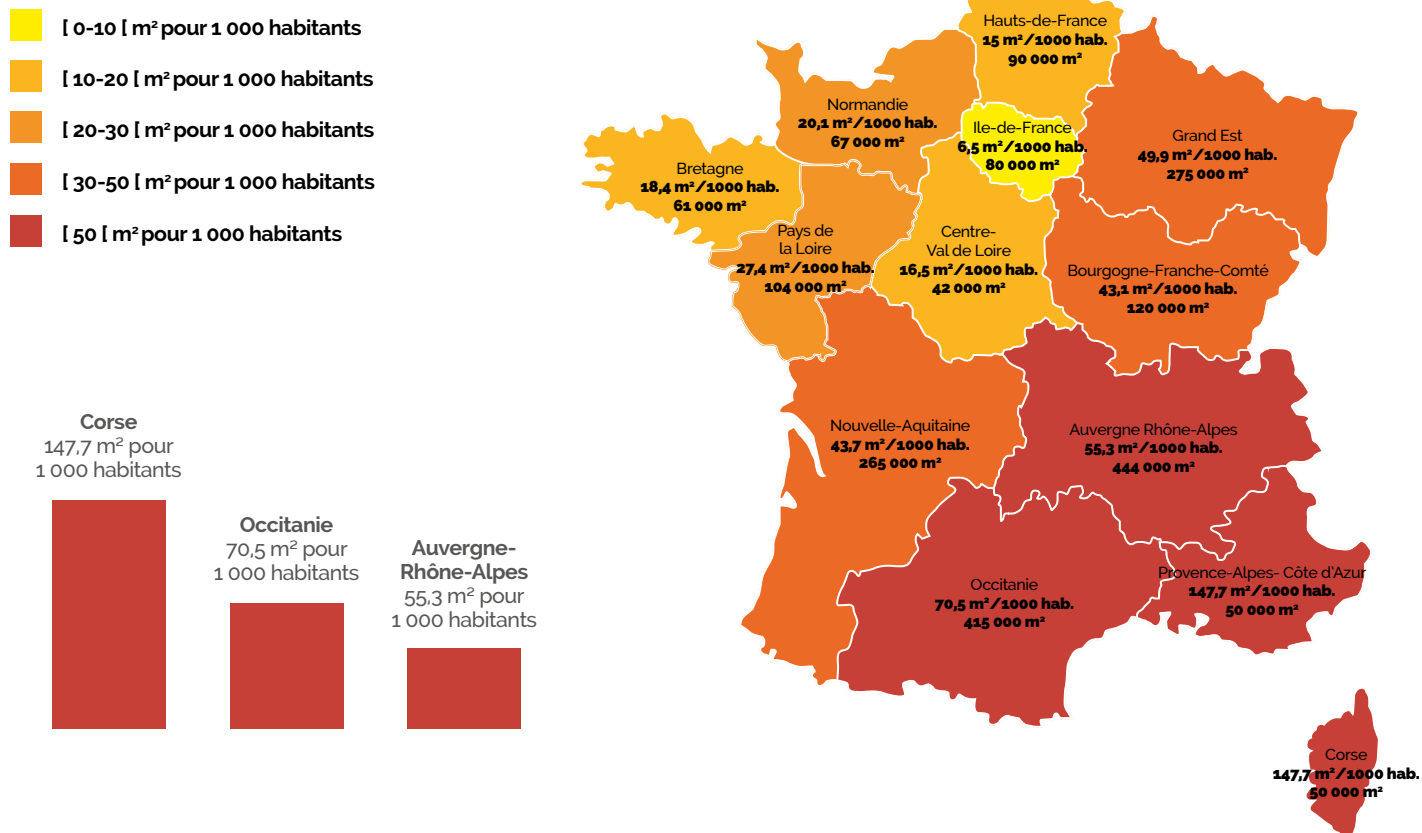
28. Ces données ne sont pas comptabilisées dans les autres graphiques du chapitre.

29. Source : EurObserv'ER 2018

4.2.2. Répartition régionale du parc

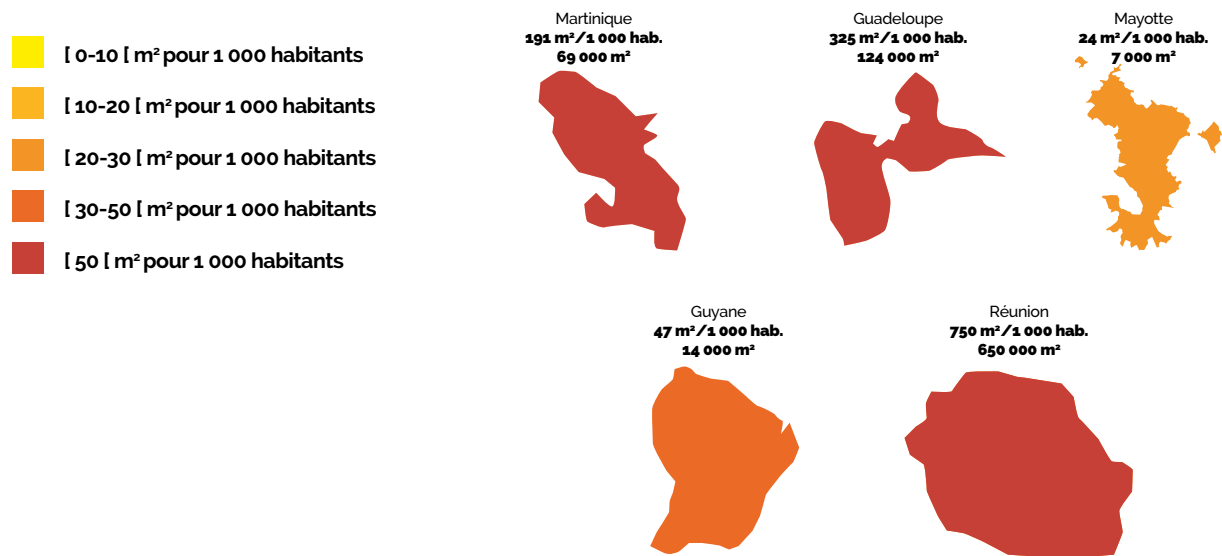
Répartition régionale de la surface totale installée de panneaux solaires thermiques pour 1 000 habitants et de la surface totale installée au 31 décembre 2018 en métropole

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 2018 dans les DROM

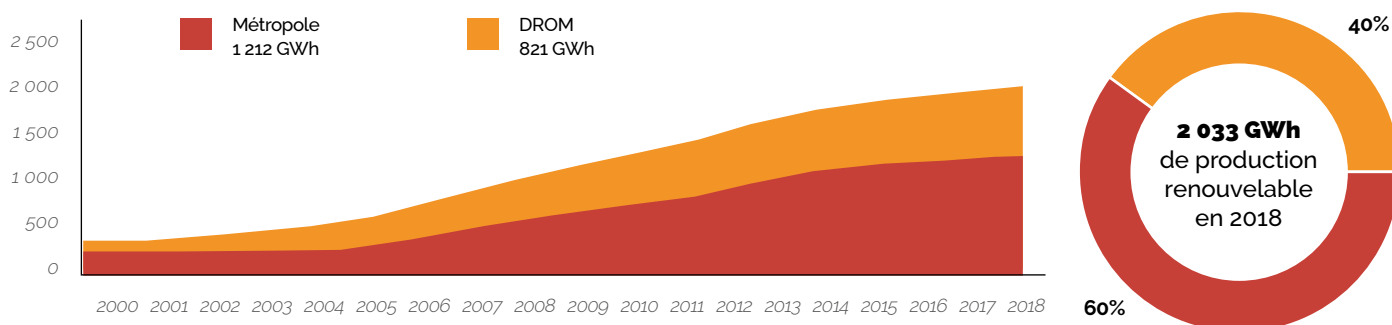
Source : SDES, d'après Observ'ER



4.2.3. Production des installations

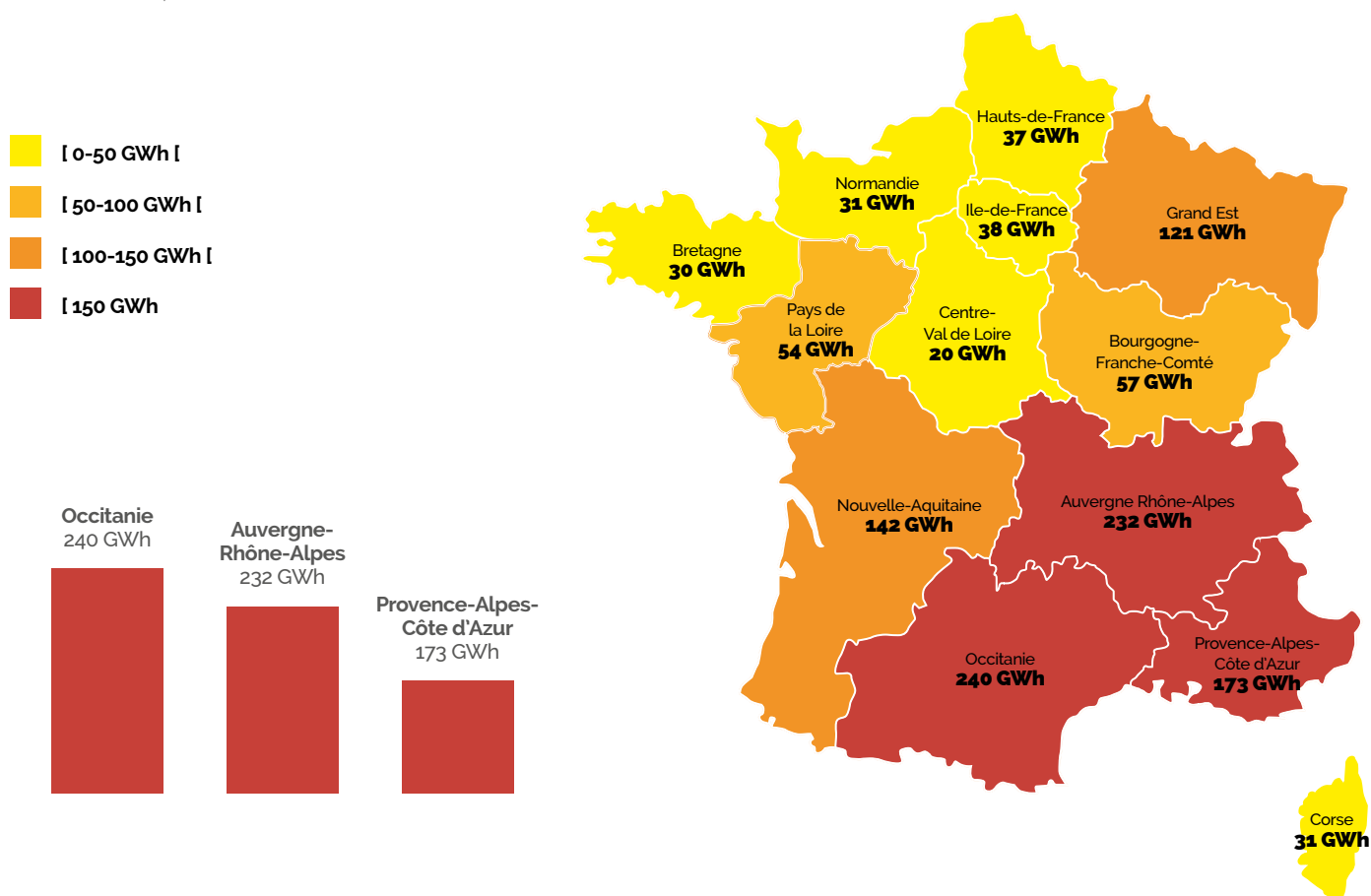
Évolution de la production de chaleur renouvelable du parc en GWh

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



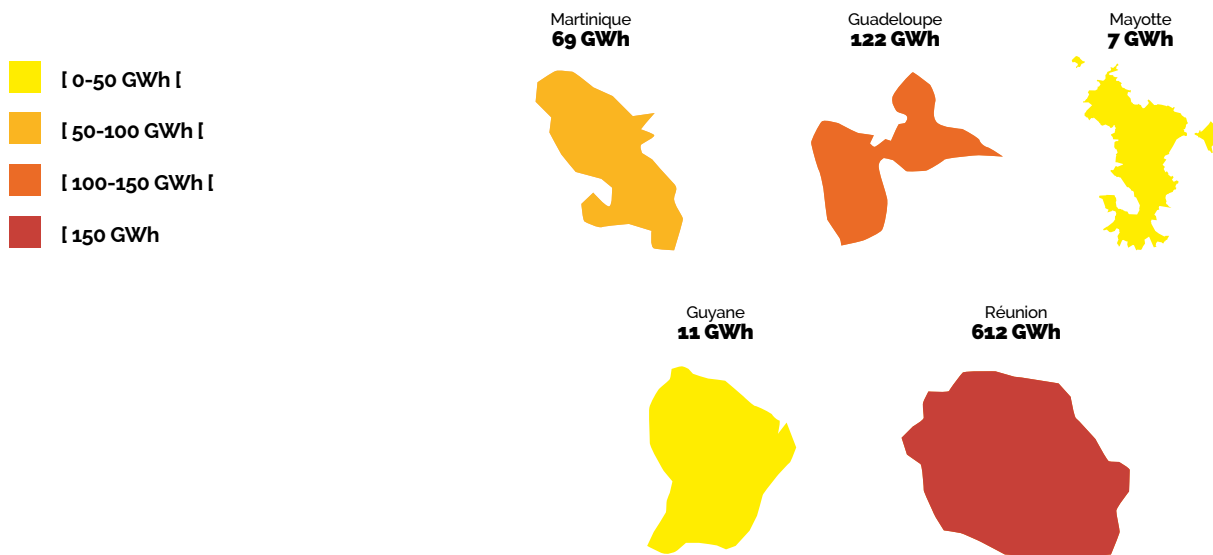
Répartition régionale de la production de chaleur renouvelable solaire au 31 décembre 2018 en métropole

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



Répartition régionale de la production de chaleur renouvelable solaire au 31 décembre 2018 dans les DROM

Source : SDES, d'après Observ'ER

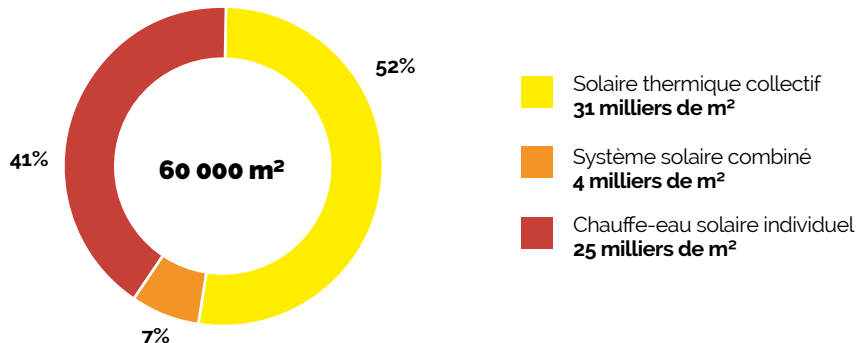


Caractérisés par un gisement solaire important, les DROM concourent à 40 % de la production totale des installations solaires thermiques alors qu'ils ne représentent que 27 % de la surface totale installée de capteurs solaires en France.

4.2.4 Marché 2018

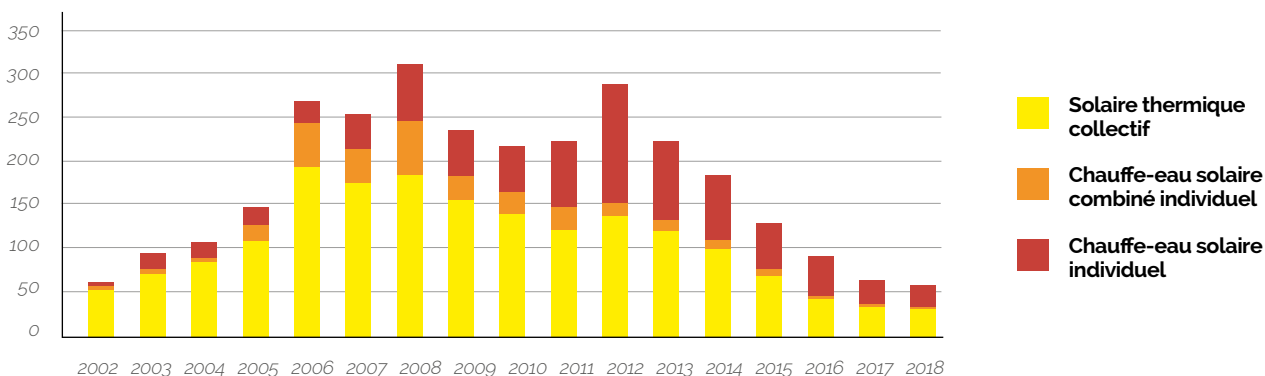
Vente en milliers de m² par type de technologie au 31 décembre 2018 (Métropole + DROM)

Source : UNICLIMA



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

Source : 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 transportée à l'intérieur des bâtiments par un fluide caloporteur pour des usages spécifiques.

Les différents types de capteurs solaires sont les suivants :

- **Chauffe-eau solaire individuel (CESI)** : la chaleur récupérée par panneaux solaires est absorbée par un fluide caloporteur qui chauffe un ballon d'eau.
- **Système solaire combiné** : en plus de chauffer un ballon d'eau chaude, il peut également chauffer directement un habitat s'il est relié à un système de chauffage traditionnel.

• **Chaleur solaire collective** : fonctionnant à partir de capteurs solaires reliés à un circuit hydraulique, il intéressera notamment les secteurs collectif et tertiaire. Il permet également de produire du froid.

Les applications de la chaleur solaire sont donc multiples : production d'eau chaude sanitaire, chauffage basse température, chauffage de piscines, eau chaude industrielle, 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. Elle permet également de consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois ;

- Dans le secteur industriel, 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 60 000 m² de capteurs installés en 2018 et un chiffre d'affaires de 130 millions d'euros, la filière représente en France métropolitaine 2 450 emplois équivalent temps plein.

Avec près de 2,3 millions de m² installés en métropole, la chaleur solaire permet d'éviter l'émission de plus de 17 000 tonnes de CO₂ par an³⁰.

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 60 000 m² en 2018. 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 vocation à permettre un déploiement de l'énergie solaire, y compris de la chaleur solaire. Dans ce cadre, le groupe de travail a présenté une série de mesures à mettre en place afin de favoriser le développement de cette filière³¹ :

- Augmenter le soutien de l'Etat aux dispositifs « thermo-solaire » à travers le CITE ;

- Développer un kit de communication pour les espaces info énergies sur l'intérêt du solaire thermique dans l'individuel ;
- 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 ;
- Prolonger l'appel à projets Fonds chaleur pour les grandes surfaces solaires thermiques ;
- Permettre des aides du Fonds chaleur à la réhabilitation d'installations défectueuses d'ici 2019 ;
- Simplifier et uniformiser l'attribution des aides fonds chaleur pour le solaire thermique ;
- Intégrer une évaluation technico-économique de la production de chaleur solaire dans les audits énergétiques des grandes et moyennes entreprises ;
- Diversifier le rôle des animateurs bois énergie vers d'autres technologies d'énergies renouvelables comme le solaire.

30. Source : Enerplan et ADEME selon étude iCare

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

4.3.4. Exemple de réalisation

La centrale solaire thermique à usage industriel de NEWHEAT



©NEWHEAT

La centrale solaire thermique de CONDAT a été développée, construite et financée par la société bordelaise NEWHEAT. Co-financée par l'ADEME dans le cadre de l'Appel à Projets « grandes installations solaire thermique » du Fonds Chaleur, cette installation fournit de la chaleur solaire compétitive sous forme d'eau chaude au site de l'usine à papier Condat du groupe LECTA, l'un des plus grands sites papetiers de France situé en Dordogne (24). La centrale alimentera les besoins du procédé industriel de production de papier pour une durée de 20 ans. Il s'agit de la première installation de chaleur solaire au monde utilisant des systèmes de suivi du soleil.

Chiffres clés :

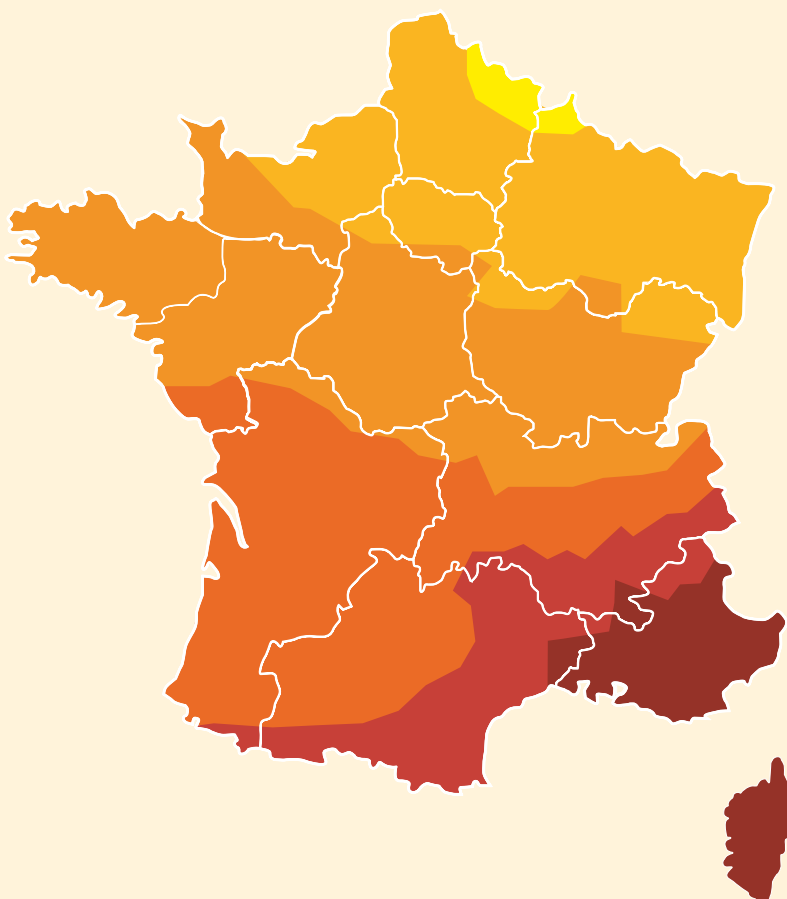
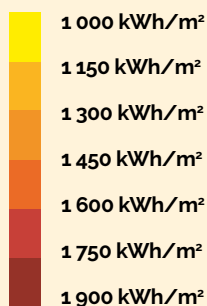
- Une surface totale de capteurs solaires thermiques de **4 211 m²**
- Une puissance de **3,4 MW**
- **3 900 MWh** par an de production attendue
- **1 078 tonnes** d'émissions de CO₂ évitées par an
- Un investissement total d'environ **2,2 millions d'euros**, avec une participation de l'ADEME de **64 %** du coût

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 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. Focus régionaux	35
5.2.1. Centre-Val de Loire	35
5.2.2. Nouvelle-Aquitaine	36
5.2.3. Normandie	37
5.3. Caractéristiques et enjeux	38

5.1. Chiffres clés



► PARC DE PRODUCTION DE LA FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2018

Fin 2018, les tableaux de bord du MTES recensent 609 installations de production d'électricité (produisant également de la chaleur par cogénération) à partir de biogaz (méthanisation, STEP³⁴ et ISDND³⁵) et 76 unités d'injection de biométhane dans les réseaux de gaz, soit 685 installations valorisant des gaz renouvelables (hors valorisation en chaleur seule). La production thermique renouvelable totale du parc est estimée à 4 628 GWh à fin 2018. Cette production couvre 0,7 % de la consommation finale de chaleur en 2018.

5.2. Focus régionaux



La production de chaleur à partir de gaz renouvelables reste diffuse, c'est pourquoi il est encore difficile de recueillir des données au niveau national et régional. Toutefois, plusieurs régions mettent à disposition leurs données dont certaines sont présentées ci-après dans la rubrique «Focus régionaux».

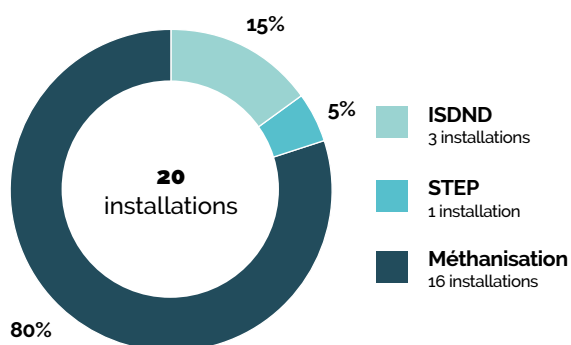
5.2.1. Centre-Val de Loire

- **20 installations** valorisant des gaz renouvelables en 2018
- **84 GWh** de production thermique renouvelable en 2018

► CARACTÉRISTIQUES DU PARC RÉGIONAL

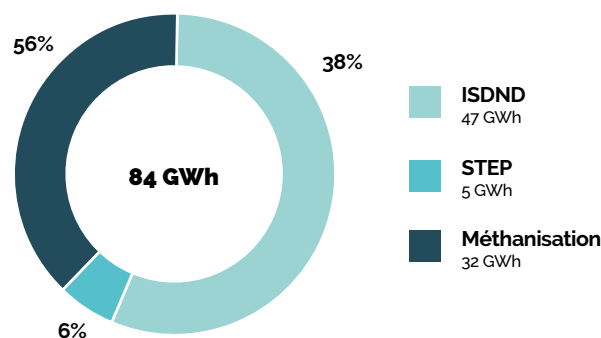
Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par typologie en Centre-Val de Loire

Source : OREGES au 31 décembre 2018



Répartition de la production d'énergie issue des gaz renouvelables en Centre-Val de Loire

Source : OREGES au 31 décembre 2018



32. Source : Stat-info n°163, Tableau de bord du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire : biogaz pour la production d'électricité - Quatrième trimestre 2018

33. Source : Gasinfocus, GRTgaz & Sia Partners

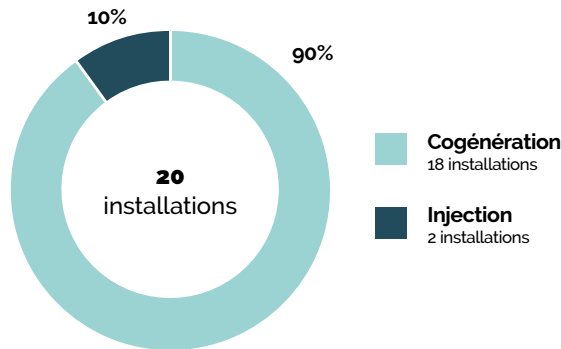
34. Stations d'épuration

35. Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux

36. Source : EurObserv'ER, GRTgaz, Sia Partners

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

Source: OREGES au 31 décembre 2018



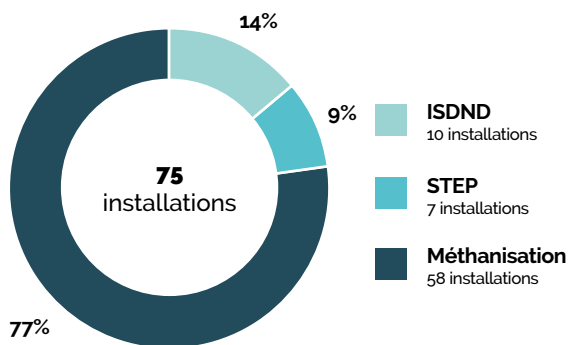
5.2.2. Nouvelle-Aquitaine

- **75 installations** valorisant des gaz renouvelables en 2018
- **350 GWh** de production thermique renouvelable en 2018

► CARACTÉRISTIQUES DU PARC RÉGIONAL

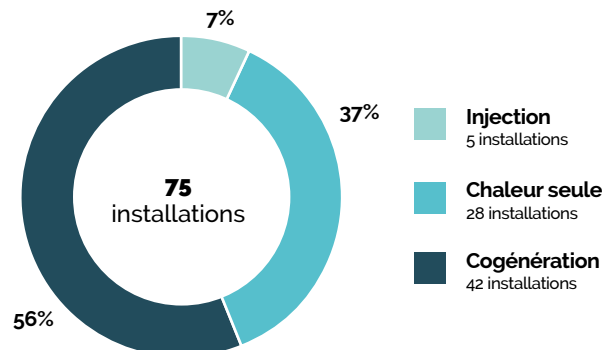
Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par typologie en Nouvelle-Aquitaine

Source: AREC au 31 décembre 2018



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

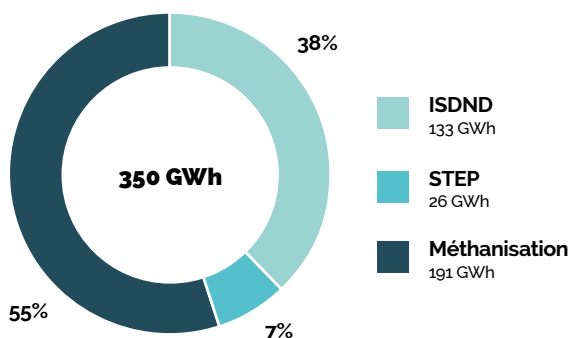
Source: AREC au 31 décembre 2018



► PRODUCTION DES INSTALLATIONS

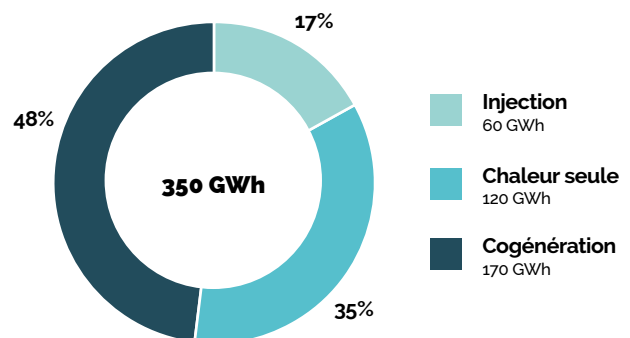
Répartition de la production d'énergie issue des gaz renouvelables par typologie en Nouvelle-Aquitaine

Source: AREC au 31 décembre 2018



Répartition de la production d'énergie issue des gaz renouvelables par valorisation énergétique en Nouvelle-Aquitaine

Source: AREC au 31 décembre 2018



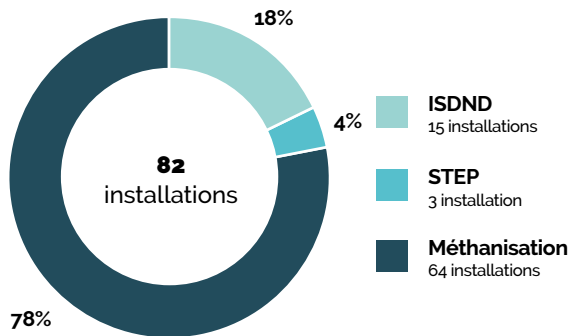
5.2.3. Normandie

- **82 installations** valorisant des gaz renouvelables en 2018
- **182 GWh** de production thermique renouvelable en 2018

► CARACTÉRISTIQUES DU PARC RÉGIONAL

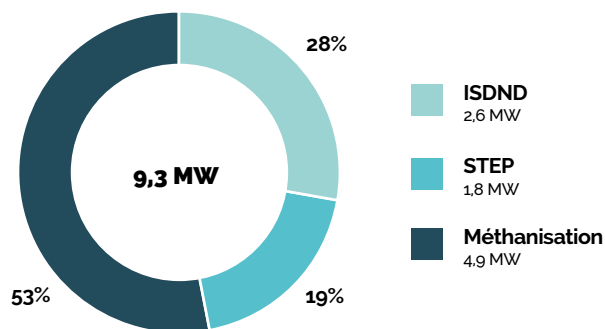
Répartition des installations valorisant des gaz renouvelables par typologie en Normandie

Source: Biomasse Normandie au 31 décembre 2018



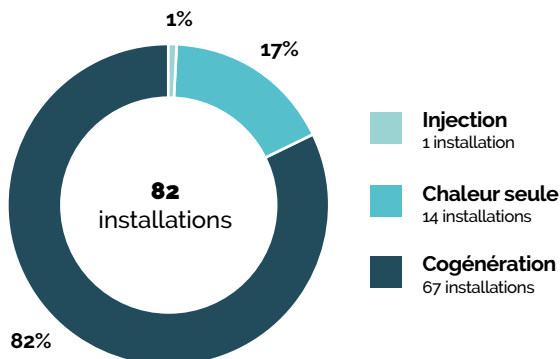
Répartition de la puissance thermique installée par typologie en Normandie

Source: Biomasse Normandie au 31 décembre 2018



Répartition des unités valorisant des gaz renouvelables par valorisation énergétique en Normandie

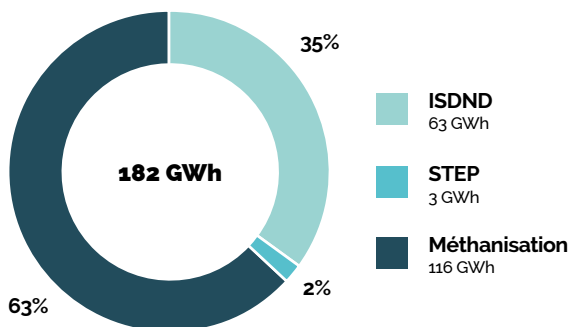
Source: Biomasse Normandie au 31 décembre 2018



► PRODUCTION DES INSTALLATIONS

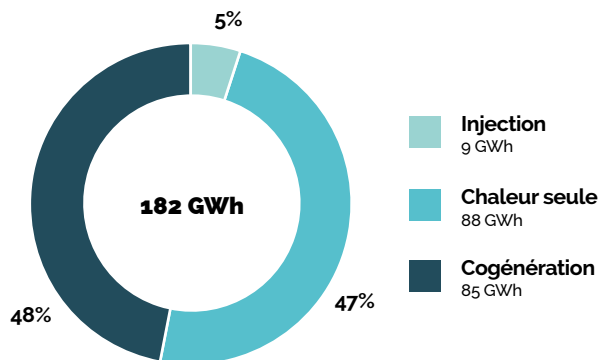
Répartition de la production de chaleur renouvelable issue des gaz renouvelables par typologie en Normandie

Source: Biomasse Normandie au 31 décembre 2018



Répartition de la production de chaleur renouvelable issue des gaz renouvelables par valorisation énergétique en Normandie

Source: Biomasse Normandie au 31 décembre 2018



5.3. Caractéristiques et enjeux

Focus sur les gaz renouvelables dans l'Union européenne à fin 2016³⁶

- **8 861 GWh** de production thermique renouvelable dans l'Union européenne en 2016
- La France était alors le troisième producteur de chaleur à partir de biogaz avec 1569 GWh produits en 2016
- 86,5 % de cette chaleur était produite en Europe par des centrales en cogénération, contre 13,5 % par des unités de chaleur seule.

5.3.1. 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. Il s'agit notamment des effluents d'élevage, des déchets de cultures, des cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE), des coproduits et déchets des industries agro-alimentaires, des déchets verts, des biodéchets, de boues de station d'épuration, d'algues, etc.

À ce titre, 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 territorial, industrielle territorial, déchets ménagers et biodéchets), dans ce cas, il faut différencier le processus biologique de méthanisation et la technologie.

- et 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. Le biogaz généré peut être récupéré et valorisé.

Le biogaz peut être valorisé en chaleur directe (par combustion en chaudière) ou en électricité et chaleur (via un moteur ou une turbine).

La dégradation de la matière organique produit du biogaz, composé de plus de 60 % de méthane. Le biogaz peut être épuré afin de le débarrasser de ses impuretés et des composants indésirables et odorisé. L'objectif est qu'il présente les mêmes caractéristiques physico-chimiques que le gaz naturel et puisse ainsi être injecté dans les réseaux gaziers : on parle alors de biométhane. Ce gaz renouvelable est alors utilisé aux mêmes fins que le gaz naturel pour produire de l'électricité, de la chaleur ou un carburant (BioGNV).

5.3.2. 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. Elle permet également 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.

5.3.3. Économie

En 2017, le biogaz représentait un chiffre d'affaires de 690 millions d'euros et 2 500 emplois.

Actuellement, le biogaz est majoritairement valorisé par cogénération. Si la production d'électricité à partir de biogaz bénéficie d'un mécanisme de soutien via les tarifs d'achat depuis 2006, la chaleur produite à partir de biogaz bénéficie

seulement du soutien de l'ADEME via le Fonds chaleur et le Fonds déchets. De plus, la priorité est actuellement donnée à l'injection. Autorisée en France seulement depuis 2001, l'injection de biométhane dans les réseaux reste modeste mais occupe une place grandissante dans le mix énergétique.

5.3.4. Exemple de réalisation

La chaudière biogaz de la sucrerie de Cristal Union à Fontaine-le-Dun



Le groupe Cristal Union a fait le choix de la méthanisation pour valoriser les eaux industrielles issues du lavage des betteraves. Le méthaniseur du site va produire plus de 80 MWh/jour qui seront dirigés vers une chaudière vapeur basse pression de 7 MW de capacité installée. La vapeur ainsi obtenue sera utilisée dans le process de fabrication de la sucrerie. L'installation sera mise en service en novembre 2019.

Chiffres clés :

- **9,9 GWh** de production thermique annuelle de biogaz
- **7,6 millions d'euros d'investissement**
- **2 500 tonnes de CO₂ évités** par an

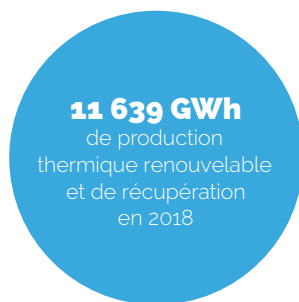


© Créteil SUEZ

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 FILIÈRE AU 31 DÉCEMBRE 2018

Les installations de valorisation énergétique des déchets ont produit 11 639 GWh de chaleur renouvelable et de récupération, dont 8 130 GWh exportés. Cette production couvre 1,6 % de la consommation finale de chaleur en 2018.

Focus sur la filière de valorisation des déchets en Europe à fin 2017³⁸ :

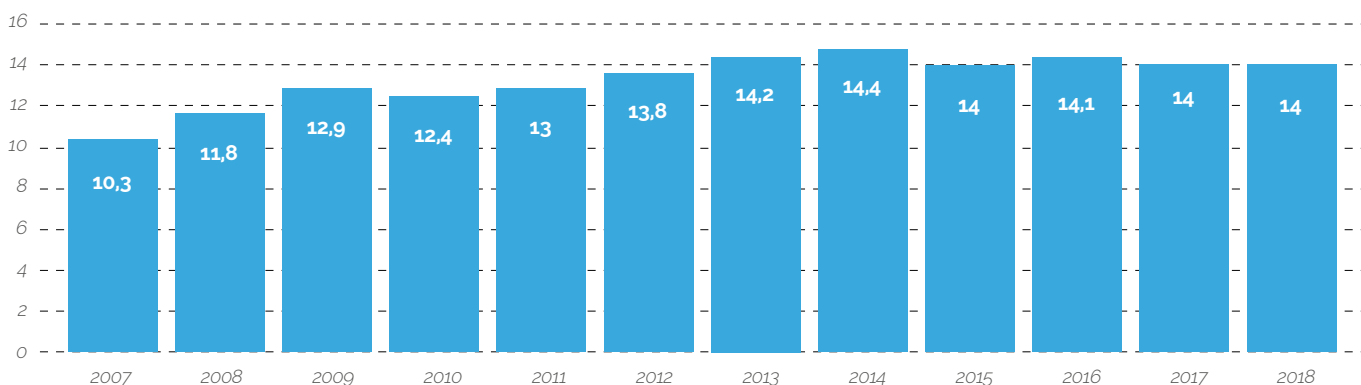
- **492 unités d'incinération** d'ordures ménagères européennes
- **81 504 GWh** de production totale de chaleur
- 96 millions de tonnes d'ordures ménagères traités et incinérés
- La France a produit 11 715 GWh en 2017, soit **14,4 % du total européen**

6.2. Parc installé

6.2.1. Caractéristiques du parc

Évolution des tonnages incinérés avec récupération énergétique toutes unités confondues

Source : SVDU ; ADEME, ITOM



Parmi les 119 unités d'incinération récupérant l'énergie en métropole, 30 produisent exclusivement de la chaleur et 53 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 53 entre 2010 et 2018. 99,8 % des déchets traités par les incinérateurs en France sont valorisés en énergie.

37. Sur les 121 incinérateurs, deux se trouvent dans les DOM-COM

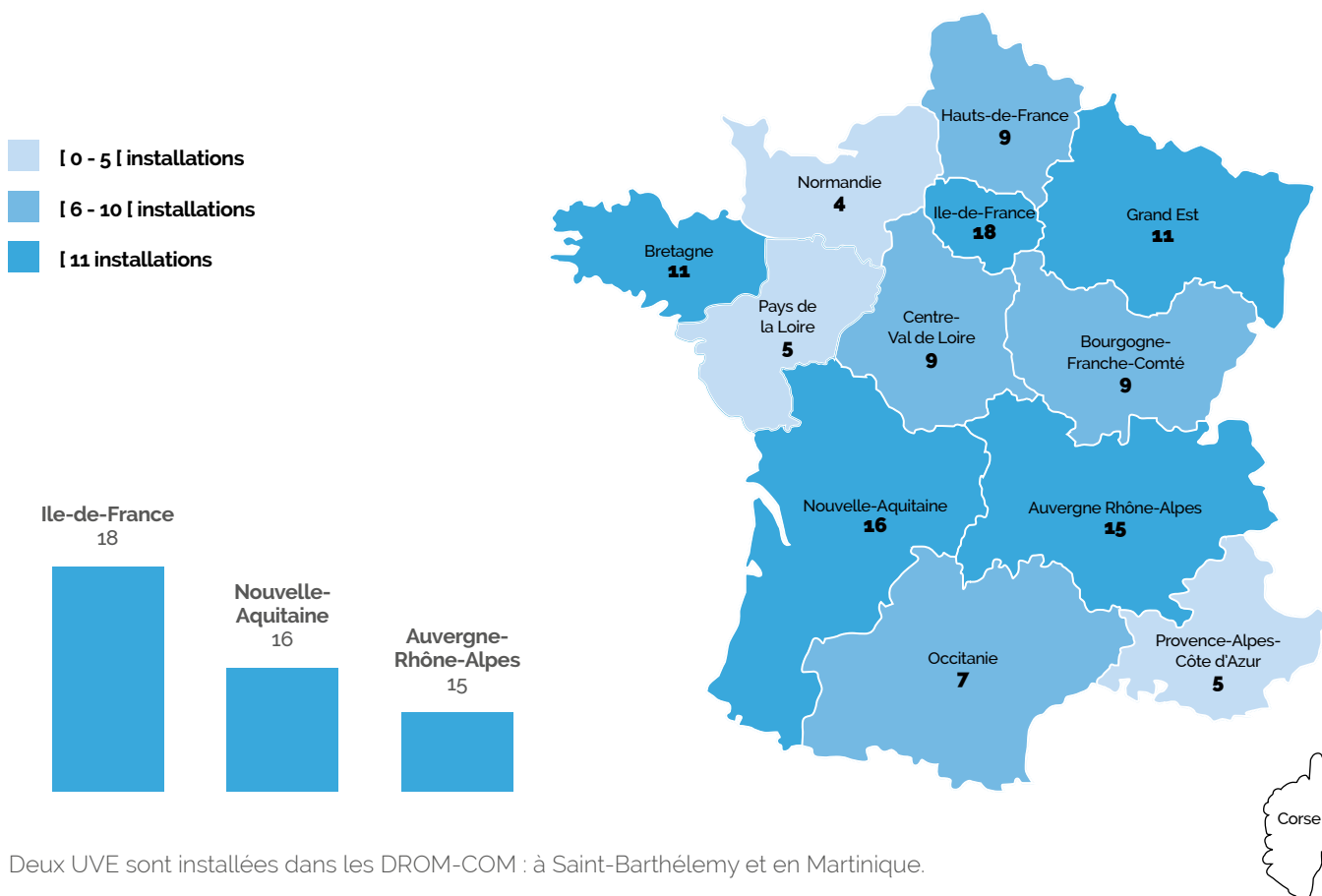
38. CEWEP et SVDU

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 2018

Source : SVDU 2018

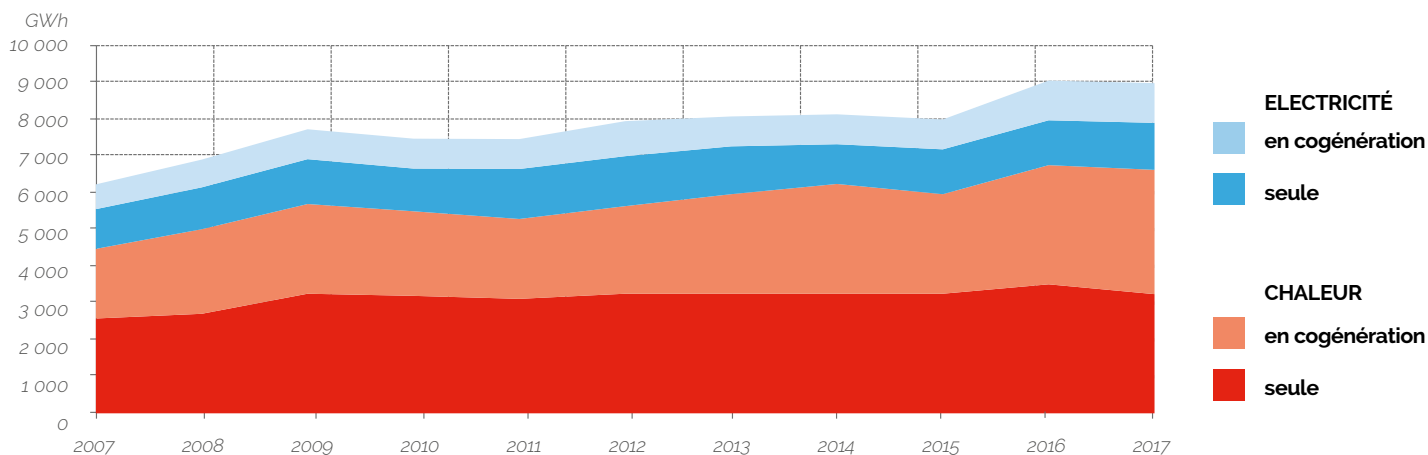


Deux UVE sont installées dans les DROM-COM : à Saint-Barthélemy et en Martinique.

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

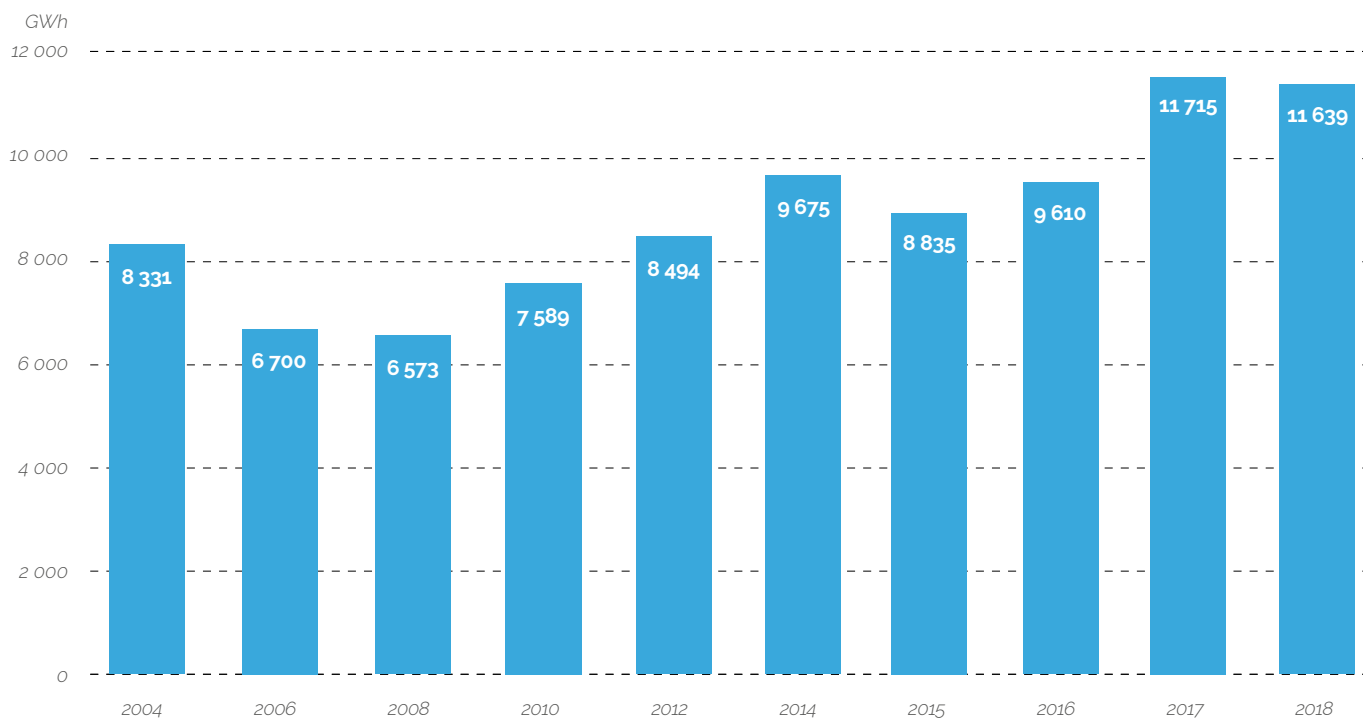


En 2018, les unités d'incinération ont produit 15 803 GWh d'énergie renouvelable et de récupération. 74 % de cette production a été valorisée sous forme de chaleur, soit 11 639 GWh. 77 % de cette production d'énergie thermique provient de la cogénération.

Plus de 75 unités sont aujourd'hui raccordées à un ou plusieurs réseau(x) de chaleur (données 2018 SVDU, ADEME, ITOM) sur les 121. Il reste un potentiel de création, d'extension ou de verdissement des réseaux de chaleur et de froid à proximité d'une cinquantaine 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.

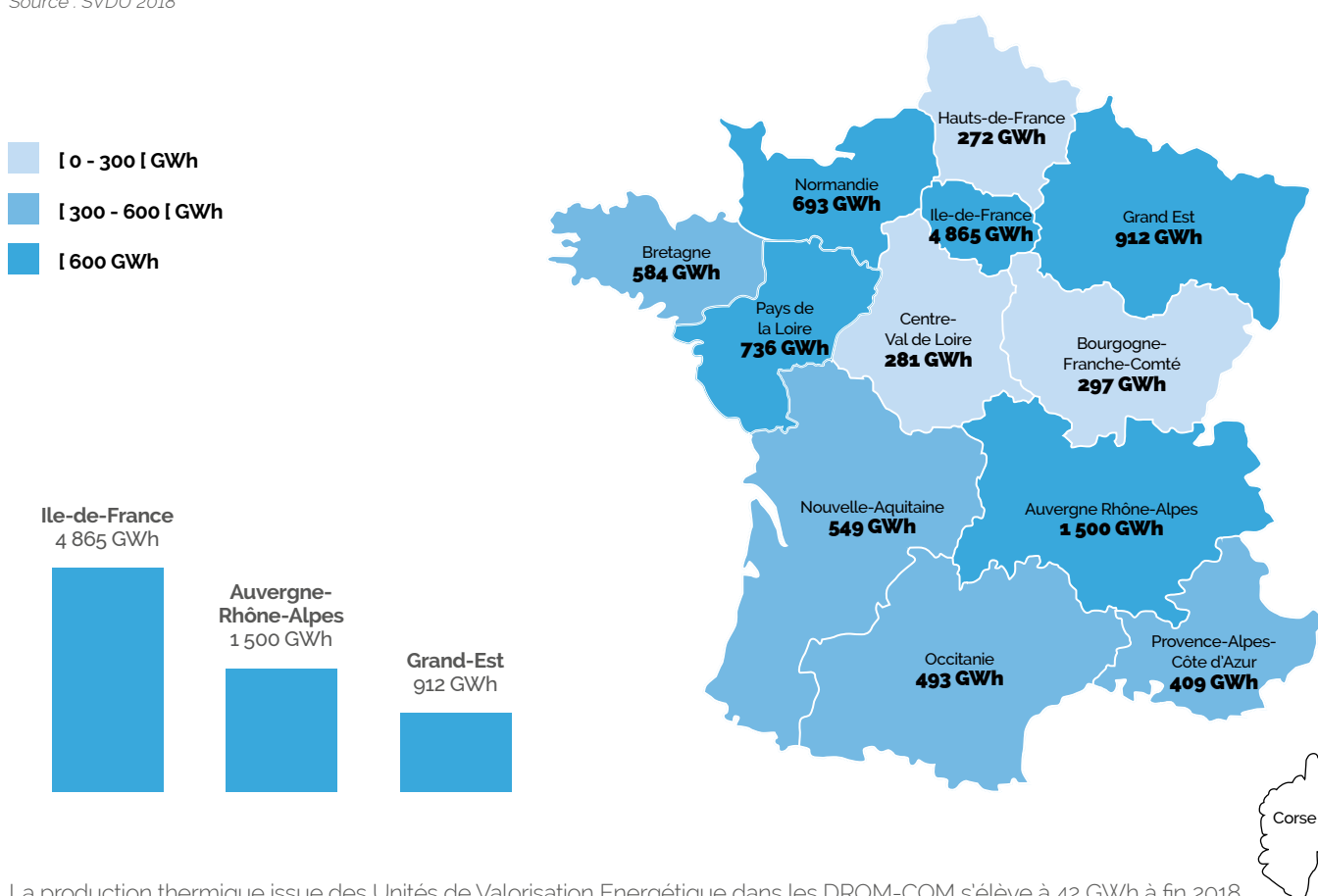
Évolution de la production d'énergie thermique totale des Unités de Valorisation Énergétique (UVE)⁴⁰

Source : SVDU ; ADEME, ITOM



Répartition régionale de la production de chaleur renouvelable issue des Unités de Valorisation Énergétique en France métropolitaine au 31 décembre 2018

Source : SVDU 2018



La production thermique issue des Unités de Valorisation Énergétique dans les DROM-COM s'élève à 42 GWh à fin 2018.

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)

Le principal mode de production d'énergie à partir des déchets est l'incinération. L'incinération est un procédé de traitement thermique des déchets avec excès d'air. Ce procédé consiste à brûler les ordures ménagères et assimilées dans des fours adaptés à leurs caractéristiques (composition, taux d'humidité). L'incinération avec valorisation énergétique consiste à récupérer l'énergie dégagée par la combustion des éléments combustibles contenus dans les déchets⁴¹.

Selon la réglementation européenne, on ne parle de valorisation énergétique que lorsque l'énergie valorisée par tonne de déchet dépasse un certain seuil appelé R1⁴².

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 récupération⁴³.

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.

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

La LTECV prévoit d'encourager la valorisation énergétique de Combustibles Solides de Récupération (CSR) et de définir un cadre réglementaire. Ces combustibles 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 méthanisation⁴⁴. 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.

L'objectif de réduction de 50 % des tonnages enfouis à horizon 2025 conduit à détourner quelque 12 Mt de l'enfouissement, selon les hypothèses retenues par le MTES. Après extraction de ce gisement des matières recyclables, 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 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.

La filière CSR contribue à la transition énergétique en proposant un combustible alternatif en substitution d'énergies fossiles. 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).

L'appel à projets « Energie CSR 2016 » lancé par l'ADEME a sélectionné trois dossiers pour un montant d'aide de 34 M€,

41. ADEME, L'essentiel de l'incinération

42. Conditions définies à l'article 33-2 de l'arrêté du 20 septembre 2002 modifié relatif aux installations d'incinération de déchets non dangereux, pris en application de la Directive n° 2008/98/CE du 19 novembre 2008 relative aux déchets.

43. 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.

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

pour une puissance thermique installée cumulée de 108 MW PCI (Pouvoir Calorifique Inférieur) et pour valoriser 244 000 t/an de CSR. Deux installations ont été sélectionnées dans l'appel à projets 2017 pour un soutien de 19,5 M€ et une consommation de 173 000 t/an de CSR. L'objectif indicatif est de susciter le développement de nouvelles unités de production d'énergie à partir de CSR pour un potentiel énergétique de 100 MW par an sur 10 ans d'ici 2025 soit, entre 5 et 10 unités par an. Un troisième appel à projets vient d'être lancé en 2019.

À l'horizon 2030, les CSR pourraient contribuer à hauteur de 2 TWh (0,2 Mtep) 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 «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 (CSR). Des travaux sont ainsi en cours pour proposer des solutions à l'émergence de cette filière.

6.3.2. Atouts

La valorisation énergétique des déchets 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, tout en renforçant l'indépendance énergétique française. Elle permet également de consolider l'économie locale en créant ou en maintenant des emplois ;

- De valoriser des déchets ménagers qui n'ont pu être ni recyclés ni valorisés sous forme de matière et sous forme organique ;

- De détruire tous les polluants biologiques ainsi que certaines substances chimiques en exposant les déchets à une température élevée (au minimum 850°C pendant au minimum 2 secondes)⁴⁵.

6.3.3. Économie

L'ensemble des emplois dans l'exploitation des usines (y compris sans valorisation énergétique) représente environ 4 500 emplois équivalent temps plein, dont 600 emplois de vente d'énergie renouvelable. Ce chiffre est stable car le nombre d'installations varie peu dans le temps. Les nouvelles constructions de ces dernières années sont compensées par de récentes fermetures⁴⁶.

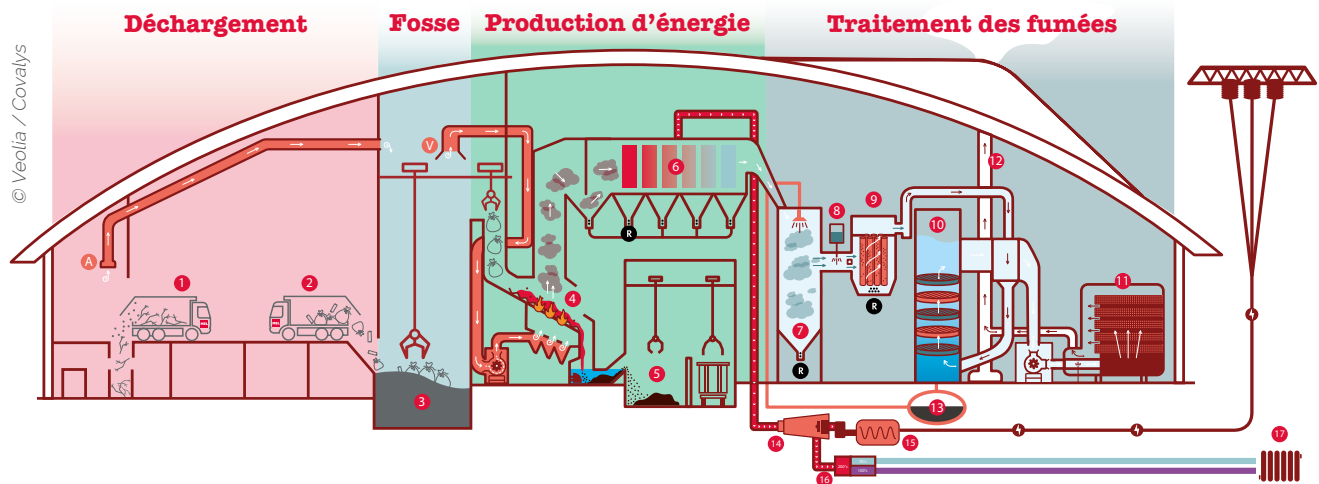
Le marché des travaux de rénovation, de modernisation et d'optimisation des installations se développe. Les usines investissent dans l'amélioration de l'efficacité énergétique, l'optimisation de la combustion et le raccordement à de nouveaux débouchés pour la chaleur. Cela représente environ 50 emplois directs équivalent temps plein.

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

46. ADEME, Marchés et emplois dans le domaine des énergies renouvelables.

6.3.4. Exemple de réalisation

Centre de valorisation Énergétique d'Halluin exploité par Covalys (groupe Veolia)



- | | | | | | |
|---|---|----|--|----|---|
| 1 | Quai de déchargement et compacteurs de déchets organiques (destinés au CVO) | 7 | Tour d'évaporation et son atomiseur | 13 | Cuve à effluents |
| 2 | Quai de déchargement des déchets ménagers résiduels | 8 | Injection de charbon actif permettant de fixer les dioxines et furanes | 14 | Turbine |
| 3 | Fosse de réception | 9 | Filtre à manches permettant de capter les résidus solides (dépollueur) | 15 | Alternateur |
| 4 | Grille et four d'incinération | 10 | Laveur captant les acides contenus dans les fumées | 16 | Échangeur thermique |
| 5 | Fosse à mâchefers | 11 | DéNOx détruisant les oxydes d'azotes | 17 | Réseau de Chaleur Urbain |
| 6 | Chaudière / production de vapeur d'eau avec refroidissement progressif des fumées | 12 | Cheminée permettant l'évacuation des fumées épurées | R | Résidus d'épuration des fumées (Refiom) |
| | | | | A | Aspiration Air Vicié |
| | | | | V | Ventilation Air Primaire |

Le Centre de Valorisation Énergétique d'Halluin va alimenter deux réseaux de chaleur urbains à Roubaix et à Lille grâce à l'énergie générée par le traitement thermique des déchets ménagers. Ce réseau de chaleur de 20 km sera l'un des plus longs réseaux de transport d'énergie mis en service en France. Avec la chaleur produite par l'incinération des déchets, l'eau est chauffée à 120°C puis transportée dans des canalisations souterraines pour desservir les villes de Lille, Roubaix, Tourcoing, Villeneuve-d'Ascq et Mons en Baroeul.



© Médiathèque VEOLIA - Jean Philippe Mesguen

Chiffres clés :

- 350 000 tonnes d'ordures ménagères par an
- Un rendement énergétique proche de 100 %, contre 80 % avant le raccordement aux réseaux de chaleur
- 50 000 tonnes de CO₂ évitées par an

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 center, 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.

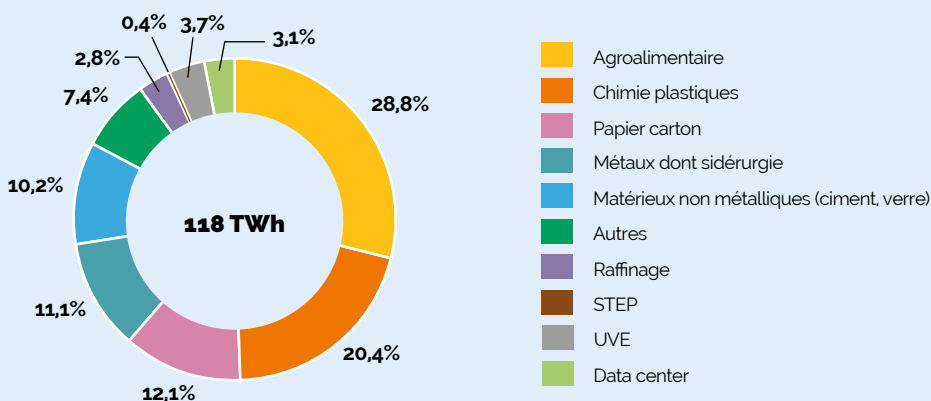
La chaleur fatale industrielle peut être valorisée sous forme de chaleur ou d'électricité, avec la mise en place d'un changement de vecteur énergétique.

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

Valorisation de chaleur fatale à Salaise-sur-Sanne



@ Trédi

En Isère, Trédi Salaise-sur-Sanne et le Groupement d'Intérêt Economique OSIRIS Roussillon investissent dans un nouveau réseau qui permettra de réduire significativement la consommation d'énergie fossile de la première plateforme chimique de France. La vapeur produite sera fournie grâce à la valorisation énergétique des déchets industriels dangereux et non dangereux.

Chiffres clés :

- **400 000 tonnes de vapeur d'eau** - soit 320 GWh - livrées par an
- **120 000 tonnes/an de CO₂ économisées** par la plateforme, soit l'équivalent d'une ville de 120 000 habitants pour le chauffage
- **2 millions d'euros d'investissement**, dont 20 à 25 % financés par l'ADEME



© Idex

7. Les 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 (SNCU).

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 pour la croissance verte 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 usées⁴⁷.

Les réseaux de chaleur utilisent aujourd'hui 56 % d'EnR&R⁴⁸. 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 26 % à 56 % 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 indirects⁴⁹.

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 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 free-cooling 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

Climespace de la ville de Paris



©Bruno Placier

Le réseau de froid urbain de la ville de Paris est l'un des plus importants au monde : parfaitement intégré à l'architecture de la ville, il s'étend sur 79 km avec une production de 486 GWh d'énergie frigorifique distribuée en 2018 et 6 millions de m² rafraîchis. A haute efficacité énergétique, le réseau de froid permet une réduction des émissions de gaz à effet de serre, une diminution des consommations énergétiques et l'utilisation d'énergies renouvelables dans la consommation.

47. La technique utilisée pour récupérer la chaleur des eaux usées s'appelle la cloacothermie. Quelques installations existent, mais cette technologie reste très peu appliquée.

48. FEDENE, Enquête annuelle sur les réseaux de chaleur et de froid - édition 2018

49. ADEME, Les réseaux de chaleur et de froid : état des lieux de la filière en 2017

8. Cadre de développement

8.1. Objectifs PPE	50
8.2. Cadre économique	51
8.3. Cadre réglementaire	53

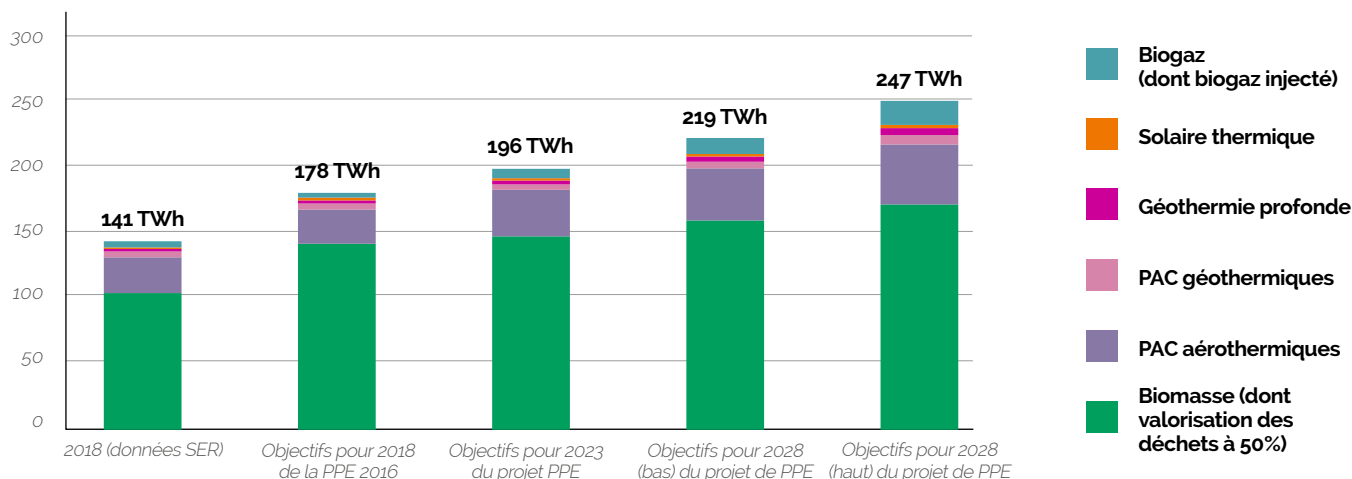
8.1. Objectifs PPE

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 2018 et 2023. Une nouvelle PPE, en cours de finalisation, viendra réviser les objectifs 2023 et fixer des objectifs pour 2028.

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

Source : SER



Production (en TWh)	2018 (données SER)	Objectif PPE 2023	Objectif PPE (bas) 2028	Objectif PPE (haut) 2028
Biomasse (dont valorisation des déchets à 50%)	102,5	145	157	169
PAC aérothermiques	26,8	35	39	45
PAC géothermiques	4,4	4	5	7
Géothermie profonde	1,8	3	4	5
Solaire thermique ⁵⁰	1,2	2	2	3
Biogaz (dont biogaz injecté)	4,6	7	12	18
Total	141	196	219	247

50. Métropole uniquement

8.2. Cadre économique

8.2.1. Pour le collectif, tertiaire et industriel

Le Fonds chaleur

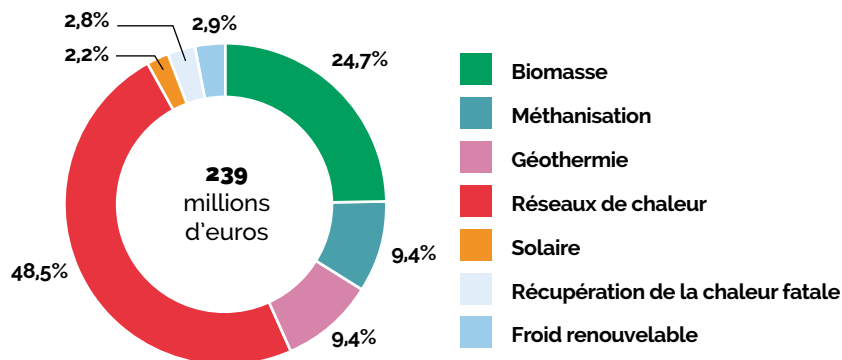
Il s'agit d'un dispositif financier mis en place par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) depuis 2009. Cette dernière apporte son expertise aux porteurs de projets et attribue des aides afin de financer

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 2018, le Fonds chaleur a permis d'aider à la production de 2 617 GWh EnR&R avec un budget s'élevant à 239 millions d'euros pour les opérations d'investissement dans les énergies renouvelables et de récupération⁵¹.

Répartition des aides attribuées via le Fonds chaleur au 31 décembre 2018

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 devra être pérennisé et son budget doublé pour accompagner davantage de projets. Une montée en puissance du nombre de projets est indispensable à l'atteinte des objectifs.

Entre 2009 et 2018, 4 813 installations ont été aidées par le Fonds chaleur pour 1,99 milliard d'euros sur les opérations d'investissement, sur un montant d'assiette de travaux de 6,67 milliards d'euros. Le taux d'aide moyen sur les investissements a été de 30,3 %.

Le Fonds chaleur représente, entre 2009 et 2018, une production de 2 382 950 tep dont 67,4 % pour le bois énergie ; 10,9 % pour les UIOM ; 8,5 % pour le biogaz, 8 % pour la géothermie ; 3,8 % pour la récupération et 0,4 % pour le solaire.

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. Les obligés 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.

51. 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

Le crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE)

Il permet au particulier de bénéficier d'un crédit correspondant à 30 % des dépenses éligibles (montant plafonné) pour 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, chaleur solaire certifiés CSTBat⁵².

Pour en bénéficier, il faut être locataire, propriétaire occupant ou occupant à titre gratuit et fiscalement domicilié en France. Si le montant du crédit d'impôt dépasse celui de l'impôt dû, l'excédent est remboursé au ménage.

Le CITE est actuellement en cours de révision et devrait à partir de 2020 devenir une prime aux revenus pour les ménages modestes et très modestes.

Le taux réduit de TVA à 5,5 %

Il s'applique aux travaux visant l'installation (incluant la pose, la dépose et la mise en décharge des ouvrages, produits ou équipements existants) des matériaux et équipements éligibles au crédit d'impôt pour la transition énergétique, sous réserve du respect des caractéristiques techniques et des critères de performances minimales qui déterminent son éligibilité, 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-TVA-LIQ-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 2019-2020 dans le cadre du dispositif CEE, il donne un bonus pour le remplacement de chaudières fossiles anciennes. Le montant varie de 450€ à 4 000€ et dépend de l'équipement de remplacement ainsi que des ressources du ménage.

Les détails : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/coup-pouce-economies-denergie-2019-2020>.

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.

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 foyer ouvert ou d'un appareil de

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

chauffage datant d'avant 2002 par un équipement performant, comme les appareils labellisés « Flamme Verte ». 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 Air⁵³ :

- Le département des Bouches du Rhône offre une aide de 1 000 € sans conditions de ressource.
- L'agglomération de Lyon propose une aide allant de 500 à 1 000 € sous conditions de ressource.
- L'agglomération du Grand Anney offre une aide de 1 000 à 2 000 € selon les revenus des habitants.
- 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 €.
- La métropole de Grenoble offre une prime de 800 € à 1 200 € (sous conditions).
- La communauté de communes Le 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).
- 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. 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.

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. À noter que les logements collectifs bénéficient d'une dérogation jusqu'au 31 décembre 2019.

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. Les retours d'expérience issus des projets labellisés serviront à établir la future réglementation thermique 2020. Ces labels 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 geocooling – 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.

53. 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, à travers 7 syndicats professionnels spécialisés par métier, représente 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. 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 thermiques. 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. Les adhérents emploient plus de 60 000 salariés et proposent des emplois non délocalisables. Le SNCU, Syndicat national du chauffage urbain, 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 regroupe 400 adhérents, représente un chiffre d'affaires de 10 milliards d'euros et près de 100 000 emplois. Elle est l'organisation professionnelle qui rassemble les acteurs de l'ensemble des filières énergies renouvelables : biomasse, bois énergie, biocarburants, biogaz, éolien, énergies marines renouvelables, géothermie, hydroélectricité, pompes à chaleur, solaire photovoltaïque, solaire thermique et thermodynamique. Ses missions sont de promouvoir les énergies renouvelables et de défendre les intérêts des professionnels du secteur en développant des filières industrielles dynamiques et durables.

www.enr.fr



Uniclimate est le syndicat professionnel des industries thermiques, aéroluques 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 : Marie DESCAT, Marine ASSENSI, Séverine BATY

SER : Edmond LOISELEUR DES LONGCHAMPS, Robin APOLIT, Johanna FLAJOLLET-MILLAN, Quitterie VINCENT, Axel RICHARD, Françoise

JOUET, Samy ENGELSTEIN

UNICLIMA : Valérie LAPLAGNE

ADEME 27 rue Louis Vicat - 75000 Paris / 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.