



NOTE DE SYNTHÈSE

# Introduction à la cogénération en France et en Allemagne

Avril 2017

Auteur : Martin Steinbach, OFATE

Contact : Marie Boyette, OFATE  
[marie.boyette.extern@bmwi.bund.de](mailto:marie.boyette.extern@bmwi.bund.de)

Soutenu par :



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Soutenu par :



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



Ministère  
de l'Environnement,  
de l'Énergie  
et de la Mer



## Disclaimer

Le présent texte a été rédigé par l'Office franco-allemand pour la transition énergétique (OFATE). La rédaction a été effectuée avec le plus grand soin. L'OFATE décline toute responsabilité quant à l'exactitude et l'exhaustivité des informations contenues dans ce document.

Tous les éléments de texte et les éléments graphiques sont soumis à la loi sur le droit d'auteur et/ou d'autres droits de protection. Ces éléments ne peuvent être reproduits, en partie ou entièrement, que suite à l'autorisation écrite de l'auteur ou de l'éditeur. Ceci vaut en particulier pour la reproduction, l'édition, la traduction, le traitement, l'enregistrement et la lecture au sein de banques de données ou autres médias et systèmes électroniques.

L'OFATE n'a aucun contrôle sur les sites vers lesquels les liens qui se trouvent dans ce document peuvent vous mener. Un lien vers un site externe ne peut engager la responsabilité de l'OFATE concernant le contenu du site, son utilisation ou ses effets.



## Contenu

<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>I. Le rôle de la cogénération dans la production d'énergie</b>	<b>4</b>
<b>II. Chiffres clés de la filière cogénération</b>	<b>7</b>
II.1. Chiffres clés en France	7
II.2. Chiffres clés en Allemagne	9
<b>III. Cadre législatif et mécanismes de soutien</b>	<b>11</b>
III.1. Le soutien à la cogénération en Allemagne	12
III.2. Substitution de la cogénération au gaz naturel par la cogénération biomasse en France	15



## Introduction

Le principe de la cogénération consiste à utiliser de manière ciblée la chaleur fatale issue de la production d'électricité. Elle permet d'améliorer le rendement d'un combustible, en comparaison avec une production séparée d'électricité et de chaleur. Historiquement, la cogénération était surtout utilisée pour des combustibles rares et chers.<sup>1</sup> En raison des objectifs climatiques de la France et de l'Allemagne, la cogénération est amenée à jouer un rôle plus important, particulièrement en Allemagne. Les centrales de cogénération émettent en effet en général moins de gaz à effet de serre que les installations électriques et thermiques séparées. Pour cette raison, certaines centrales de cogénération sont soutenues dans les deux pays. En Allemagne, il s'agit de la cogénération au gaz naturel et de la cogénération biomasse. En France, les incitations visent à substituer la cogénération au gaz naturel par la cogénération biomasse

Dans les deux pays, des tarifs d'achats fixes soutenaient auparavant la production électrique des installations de cogénération. Désormais, comme pour les énergies renouvelables, la vente directe et les appels d'offres ont remplacé ces tarifs d'achats pour les nouvelles grandes installations de cogénération. Ceci vise à favoriser leur intégration sur le marché électrique.

La présente note de l'Office franco-allemand pour la transition énergétique (OFATE) vise à introduire les principes et rôle de la cogénération. Elle présente ensuite les cadres réglementaires et objectifs des politiques du soutien de la cogénération en France et en Allemagne. Ainsi, la [première partie](#) donne un aperçu des propriétés générales de la cogénération. La présentation des chiffres clés de la filière, dans les deux pays, doit ensuite permettre d'apprécier l'importance actuelle de la cogénération ([partie II](#)). La [dernière partie](#) s'intéresse aux mécanismes de soutien de la cogénération, en particulier les dispositifs actuels de rémunération et leurs perspectives.

## I. Le rôle de la cogénération dans la production d'énergie

Par cogénération, on entend la transformation finale de l'énergie primaire d'un combustible en énergie électrique et en énergie thermique. La première est utilisée sous forme de courant électrique et la deuxième comme chaleur utile. La cogénération permet ainsi un taux d'utilisation en énergie primaire jusqu'à 95 %. En revanche, pour les grandes centrales conventionnelles, produisant de l'électricité sans récupération de chaleur<sup>2</sup>, ce taux est de l'ordre de 30 à 50 %.<sup>3</sup>

La cogénération permet un taux d'utilisation en énergie primaire jusqu'à 95 %.

Typiquement, les unités de cogénération se composent d'un **moteur thermique** produisant une énergie mécanique grâce à la chaleur générée via une combustion. Cette énergie mécanique est ensuite transformée en électricité par un générateur. Durant ce processus, une partie de l'énergie utilisée est inévitablement rejetée sous forme de **chaleur fatale**. Pour éviter ce rejet, un **échangeur thermique** peut, par exemple, transférer l'énergie thermique d'un gaz résiduel vers un milieu comme l'eau, pour l'utiliser ensuite comme chauffage ou eau chaude.

---

<sup>1</sup> Agora Energiewende (2015) : [Die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung für die Energiewende](#) (*Le rôle de la cogénération pour la transition énergétique*).

<sup>2</sup> Dans les centrales classiques, également appelées centrales à vapeur, la vapeur est condensée à la sortie de la turbine avec la chaleur résiduelle qui est perdue dans l'atmosphère sans être utilisée.

<sup>3</sup> Energieagentur Rheinland-Pfalz (Agence de l'énergie du Palatinat, 2014) : [Faktenpapier KWK](#) (*Document d'information sur la cogénération*).

La figure 1 compare deux situations de fourniture d'énergie selon trois critères : l'énergie investie, l'énergie obtenue et les rendements ( $\eta$ ). Dans cet exemple, deux installations sont comparées :

- une production « classique » ou conventionnelle par une grande centrale électrique et par une chaudière ;
- la production d'un (mini-)module de cogénération décentralisé alimentant, par exemple, un ou plusieurs bâtiments résidentiels.

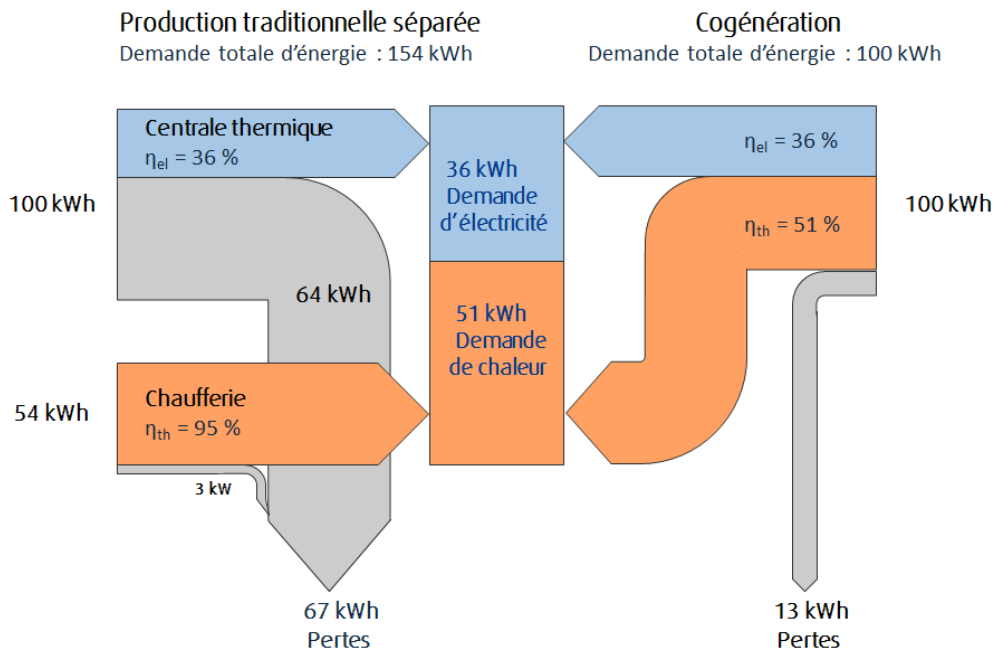


Figure 1 – Comparaison des principes de fonctionnement d'une production traditionnelle séparée et de la cogénération.  $\eta_{el}$  et  $\eta_{th}$  représentent les différents rendements électriques ou thermiques.

Source : RWTH Aachen (*Université technique d'Aix-la-Chapelle*), conception graphique : OFATE

Le terme de cogénération ne désigne **pas une technologie spécifique** mais plutôt **un principe de fonctionnement**. Elle permet de valoriser la chaleur fatale, inévitablement générée par la production d'électricité, pour le chauffage, les procédés industriels, l'eau chaude sanitaire ou la production de froid (trigénération : électricité, chaleur, froid).

Les moteurs thermiques peuvent être des turbines à vapeur, des turbines à gaz ou des moteurs à combustion, plus rarement des moteurs Stirling ou des piles à combustible. Ces dernières fonctionnent un peu différemment car elles transforment directement de l'énergie chimique en énergie électrique et en chaleur.

Les centrales de cogénération peuvent varier considérablement par leur taille et utilisation de la chaleur :

- les grandes centrales, avec une puissance importante, alimentent en général un **réseau de chaleur** étendu, desservant des bâtiments ;
- les **centrales industrielles de cogénération** et les **petites unités de cogénération**, ou micro-cogénérateurs, se trouvent plutôt à proximité immédiate du consommateur de chaleur (ex. entreprise industrielle ou bâtiment résidentiel) ou transportent la chaleur via des réseaux de proximité ;
- les **centrales de cogénération biogènes** (50 kW – 2 MW) à base de sous-produits forestiers ou agricoles ou de biogaz sont en général destinées à l'alimentation des exploitations agricoles.

Le terme de cogénération ne désigne pas une technologie spécifique, mais plutôt un principe de fonctionnement.

Le tableau ci-après montre les principales caractéristiques de différents segments de cogénération, basé sur l'exemple de l'Allemagne.

	Distribution publique	Industrie	Petite cogénération	Cogénération biomasse
<b>Exploitant typique</b>	en général une entreprise communale	entreprise industrielle, plus rarement prestataire de services	propriétaire de maison, entreprise tertiaire, société immobilière	exploitant agricole, distribution publique et industrie (faible pourcentage)
<b>Combustible</b>	gaz/charbon (plus rarement bois, déchets)	gaz/charbon	gaz	biomasse/biogaz
<b>Taille typique des installations</b>	10 MW – 800 MW	500 kW – 20 MW	1 kW – 50 kW	50 kW – 2 MW
<b>Acheminement jusqu'au consommateur de chaleur</b>	réseaux de chaleur urbains	au sein de l'entreprise ou via un réseau de proximité sur les sites industriels	localement ou via le réseau de proximité d'un quartier	local, réseau de chaleur de proximité
<b>Utilisation de la chaleur</b>	chauffage, eau chaude	chaleur industrielle, chauffage	chauffage, eau chaude	chauffage, eau chaude
<b>Pourcentage d'électricité autoconsommée</b>	3 %	84 %	60 %	5 %

Tableau 1 – Caractéristiques des segments de la cogénération en Allemagne en 2014 ;  
 Source : Agora Energiewende (2015) : [Die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung für die Energiewende](#) (*Le rôle de la cogénération pour la transition énergétique*)

Les centrales de cogénération peuvent **privilégier la production d'électricité ou celle de la chaleur**, en fonction de la demande principale à couvrir.

- Un exemple d'installation privilégiant la production électrique peut être une installation de cogénération biomasse. La motivation de son exploitant sera souvent de maximiser ses recettes grâce à la vente de l'électricité produite. Ce choix est renforcé par les incitations financières du législateur. La chaleur non utilisée peut alors être stockée dans des réservoirs thermiques.
- Pour la cogénération privilégiant la production de chaleur, on peut citer l'exemple d'une unité associée à une entreprise industrielle. Celle-ci a une demande constante et importante de chaleur, par exemple de vapeur utilisée dans ses processus. Si la production électrique associée peut être injectée dans le réseau public, elle est dans la plupart des cas autoconsommée (cf. tableau 1).

Comme déjà évoqué, l'**intérêt climatique** réside dans l'amélioration du rendement : le combustible est utilisé plus efficacement. Cela permet d'économiser des ressources et de réduire les émissions par rapport à une production séparée d'électricité et de chaleur. Malgré tout, la cogénération fossile émet des émissions de CO<sub>2</sub>, nocives pour le climat, surtout quand le charbon est utilisé comme combustible. Pour cette raison, l'Allemagne prévoit des incitations pour favoriser les solutions de cogénération au gaz<sup>4</sup>, qui génèrent moins d'émissions.

Avec la part croissante des énergies renouvelables dans son système énergétique, l'Allemagne s'intéresse aussi à d'autres spécificités de la cogénération. Concernant le marché de la chaleur, les centrales de cogénération ne doivent plus fonctionner constamment dans le même mode, à savoir pour répondre exclusivement aux besoins de chaleur. Mais elles doivent aussi pouvoir répondre, de façon flexible, aux signaux du réseau et des marchés électriques.

<sup>4</sup> Cf. chapitre III pour plus de détails



L'objectif est d'obtenir un mode de fonctionnement non exclusivement dédié à la production de chaleur et plus utile au système électrique. Ce changement est couramment désigné par le terme de « **flexibilisation** ».

Concrètement, cela signifie que les centrales de cogénération sont capables, de par leur propriétés techniques, de fournir l'ensemble des services système.<sup>5</sup> Ces centrales peuvent ainsi contribuer à la fois à la sécurité du réseau. Elles peuvent **fournir des réserves d'énergie** pour maintenir sa fréquence et à **l'équilibrer la charge résiduelle**, en proposant sur le marché de l'électricité une **capacité de production** non seulement garantie mais aussi **pilotable**. Par ces services systèmes elles peuvent compenser l'injection d'énergies renouvelables variables. Ces dernières ne peuvent fournir que de manière limitée ces services.<sup>6</sup>

Le stockage de chaleur joue ici un rôle important. Les centrales de cogénération équipées d'un tel dispositif peuvent produire efficacement de l'électricité et de la chaleur. Cette dernière peut être stockée, s'il n'y a pas de besoins en chaleur et être utilisée ultérieurement.<sup>7</sup> Pour l'industrie, ces systèmes de stockage sont très onéreux et donc peu rentables, en raison des hautes températures requises pour les procédés industriels. Pour les centrales de cogénération décentralisées de petite ou moyenne taille, la mise en place de stockage est souvent financièrement intéressante. Regroupées pour former une centrale virtuelle pilotable, ces unités peuvent se substituer, grâce à leur production d'électricité, à des centrales traditionnelles de réserve.<sup>8</sup>

## II. Chiffres clés de la filière cogénération

### II.1. Chiffres clés en France

En France, les principales sources d'énergie utilisées pour la cogénération sont le **gaz naturel**, la **biomasse (solide)** et le **biogaz**. Pour la production d'électricité, ces trois types de cogénération représentaient en 2015 une puissance installée totale de 5,2 GW, répartie comme suit : 89 % gaz naturel, 6 % biomasse, 5 % biogaz.<sup>9</sup> La **production totale d'électricité par cogénération** était en 2014 de **13,98 TWh**, tandis que la **production totale de chaleur par cogénération** atteignait **43,14 TWh**. La part de l'électricité produite par cogénération dans la production totale d'électricité représente un faible pourcentage à un chiffre.<sup>10</sup>

---

<sup>5</sup> Une étude de l'Agence allemande pour l'énergie (dena) s'intéresse plus particulièrement à la question des services système dans le système électrique du futur : [étude de la dena « Services système 2030 »](#) (2014, traduction française publiée par l'OFATE).

<sup>6</sup> L'OFATE a organisé une conférence sur les [services systèmes des installations photovoltaïques](#) et une [note de synthèse](#) pour les installations éoliennes.

<sup>7</sup> Le stockage est soutenue par la loi KWKG, cf. chapitre III pour plus de détails.

<sup>8</sup> Une étude synthétique de bofest consult GmbH s'intéresse plus particulièrement à la flexibilité de la cogénération : [Beitrag von zentraler und dezentraler KWK zur Netzstützung](#) (2014) (*La contribution de la cogénération centralisée et décentralisée à la stabilisation du réseau*).

<sup>9</sup> ATEE Club Cogénération, Patrick Canal : conférence « [État des lieux et contextes socio-économique et réglementaire de la cogénération gaz, biogaz et biomasse en France](#) » (2015).

<sup>10</sup> Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la Mer (MEEM) : [Chiffres clés de l'énergie](#) (2017), ATEE Club Cogénération : [Cogénération au gaz naturel](#) (2015), Observ'ER : [Le baromètre 2016 des énergies renouvelables électriques en France](#) (2017).

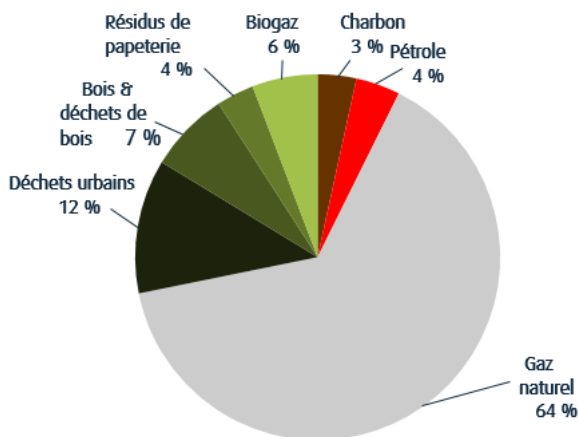


Figure 2 – Production d'électricité issue de cogénération selon le vecteur énergétique en France en 2014.  
Source : Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la Mer (MEEM), [Bilan énergétique de la France pour 2015](#) (2016), p. 112

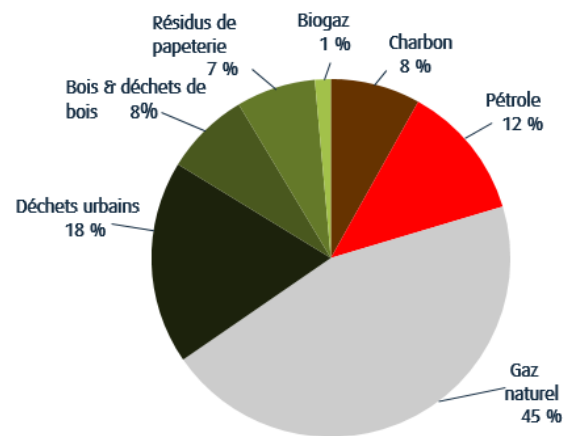


Figure 3 – Production de chaleur issue de cogénération selon le vecteur énergétique en France en 2014.  
Source : Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la Mer (MEEM), [Bilan énergétique de la France pour 2015](#) (2016), p. 112

### Gaz naturel :

En France, le gaz naturel est largement en tête concernant la puissance fournie par cogénération. Sa part en puissance installée du parc de production électrique français était d'environ 4 % en 2014, soit 4,7 GW. Cela correspond à peu près à la part des centrales à cycle combiné gaz (figure 4). En 2013, sa part dans la production totale d'électricité était de 2 %.<sup>11</sup>

En avril 2015, le parc de cogénération compte **près de 900 centrales au gaz naturel**.

En France, le gaz naturel est en tête concernant la puissance fournie par cogénération.

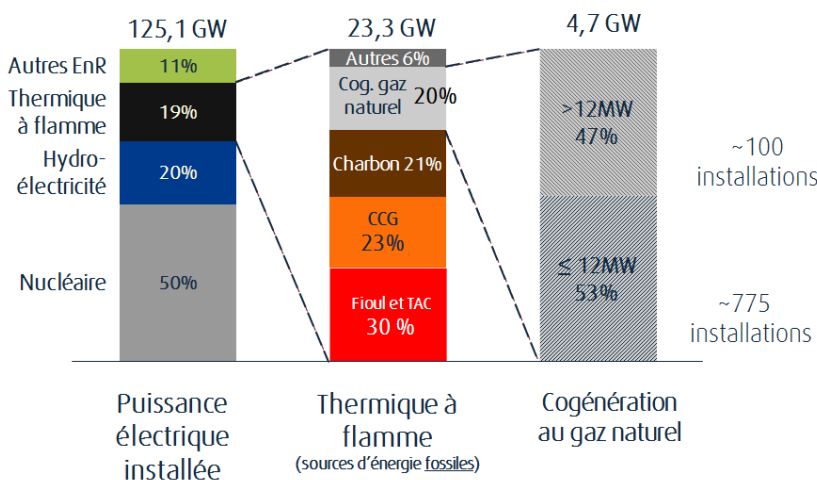


Figure 4 – Le parc de production électrique français, ventilé par type de production et par pourcentage dans la puissance électrique installée en 2014.  
Source : ATEE Club Cogénération : [La Cogénération alimentée en gaz naturel. Un atout pour la transition énergétique](#) (2015), diapo 2.

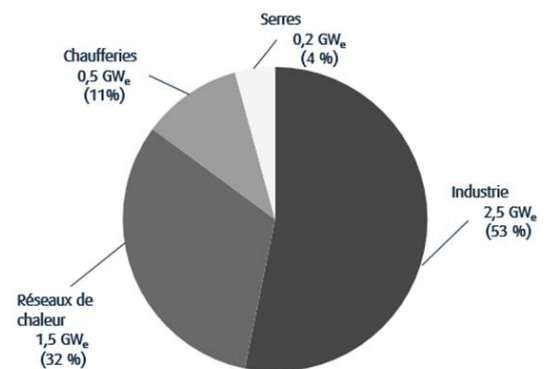


Figure 5 – Parc des installations en cogénération au gaz naturel en France (avril 2015) selon leur utilisation. « Chaufferies » désignent ici les unités destinées à la distribution locale, via des réseaux de chaleur exemple.  
Source : ATEE Club Cogénération : [Cogénération au gaz naturel](#) (2015), p. 7.

<sup>11</sup> Cette part était de 10 % en moyenne en Europe (source : ATEE Club Cogénération<sup>o</sup> : [Cogénération au gaz naturel](#), 2015, p. 4).





### Biomasse :

La biomasse est avant tout utilisée pour la fourniture exclusive de chaleur. Environ 40 % de l'énergie primaire renouvelable provient de la biomasse en France. Cependant, pour les installations électriques de biomasse, elles sont en majorité des unités de cogénération.<sup>12,13</sup>

La puissance électrique installée des unités de cogénération biomasse était de 408 MW en octobre 2016. Cela représente moins de 1 % du parc de production électrique français. Cette puissance devrait passer à 540 MW d'ici 2018.<sup>14</sup> Fin 2016, 38 centrales d'une puissance moyenne de 10,7 MW sont installées, et 7 centrales d'une capacité de 220 MW sont en construction. Bon nombre d'entre elles appartiennent à l'industrie du papier ou de la chimie. Ces deux secteurs ont des besoins en électricité et en chaleur traditionnellement importants.

### Biogaz :

La cogénération joue un rôle important pour la valorisation du gaz de décharge et du biogaz d'origine agricole. Fin 2016, le parc de production d'électricité biogaz comptait plus de 478 installations, pour une puissance totale installée de 385 MW.<sup>15</sup> Fin septembre 2016, ces installations ont produit 1300 GWh. Cela correspond à peu près à 0,4 % de la demande d'électricité annuelle en France.

Un quart des installations ont une puissance d'au moins 1 MW. Elle représente 73 % de la puissance électrique installée à partir de biogaz, provenant essentiellement des décharges. La plupart des installations, soit 63 %, relèvent du domaine de l'agriculture. D'une puissance de 0,3 MW, elles ne représentent toutefois qu'environ 27 % de la puissance installée.

## II.2. Chiffres clés en Allemagne

En Allemagne, la part de la cogénération dans la production nette d'électricité était de 16,6 % en 2014. Par rapport à la production nette d'électricité pilotable, donc hors énergies variables telles que l'éolien ou le photovoltaïque, cette part atteignait 19,7 % en 2014.<sup>16</sup> La production par cogénération a augmenté à partir de 2003, mais stagne depuis 2014.<sup>17</sup> La **production totale d'électricité par cogénération** était en 2014 de **97,6 TWh**, tandis que la **production totale de chaleur par cogénération** atteignait **204,8 TWh**.

En Allemagne, le gaz naturel est de loin la principale source d'énergie pour la cogénération, suivi par le charbon et la biomasse.

---

<sup>12</sup> Observ'ER : [Le baromètre 2016 des énergies renouvelables électriques en France](#) (2017), p. 55.

<sup>13</sup> ATEE Club Cogénération, Patrick Canal : conférence « [état des lieux et contextes socio-économique et réglementaire de la cogénération gaz, biogaz et biomasse en France](#) » (2015), diapo 17.

<sup>14</sup> Observ'ER : [Le baromètre 2016 des énergies renouvelables électriques en France](#) (2017), p. 54.

<sup>15</sup> [Le baromètre 2016 des énergies renouvelables électriques en France](#) (2017), p. 66.

<sup>16</sup> Öko-Institut : [Aktueller Stand der KWK-Erzeugung](#) (*Situation actuelle de la production par cogénération*) (2015), p. 21.

<sup>17</sup> Rubrique « [KWK](#) » du site Internet de l'Agence fédérale allemande de l'environnement (UBA), consultée le 9 février 2017.

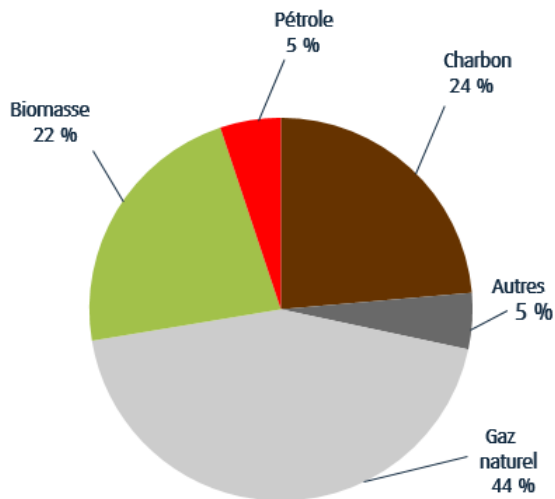


Figure 6 – Production nette d'électricité par cogénération en Allemagne en 2014, ventilée par source d'énergie.  
Source : Öko-Institut, [Aktueller Stand der KWK-Erzeugung](#) (Situation actuelle de la production par cogénération) (2015), p. 11.

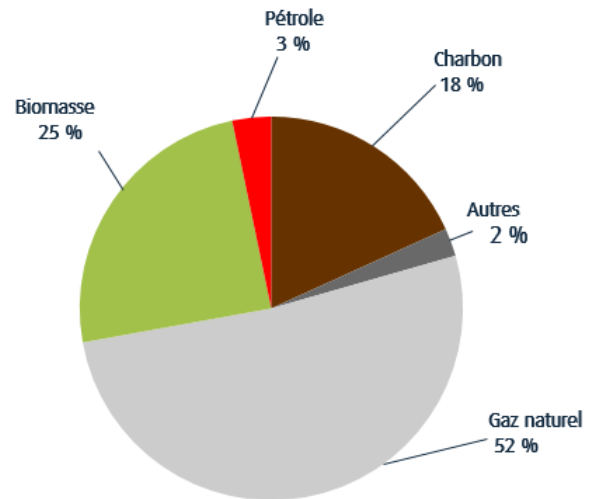


Figure 7 – Production de chaleur par cogénération en Allemagne en 2014, ventilée par source d'énergie.  
Source : Öko-Institut, [Aktueller Stand der KWK-Erzeugung](#) (Situation actuelle de la production par cogénération) (2015), p. 14.

Comme en France, le gaz naturel est de loin la principale source d'énergie en Allemagne pour la cogénération, suivi par le charbon et la biomasse. Ces dernières années, la part de la biomasse a augmenté, notamment dans la production de chaleur, tandis que la part du gaz naturel a légèrement baissé, tant pour la production d'électricité que pour celle de chaleur. La part du charbon est restée stable depuis 2005 dans les deux domaines, atteignant respectivement environ 20 % (contre 18 % en 2014) et 25 % (contre 24 % en 2014).

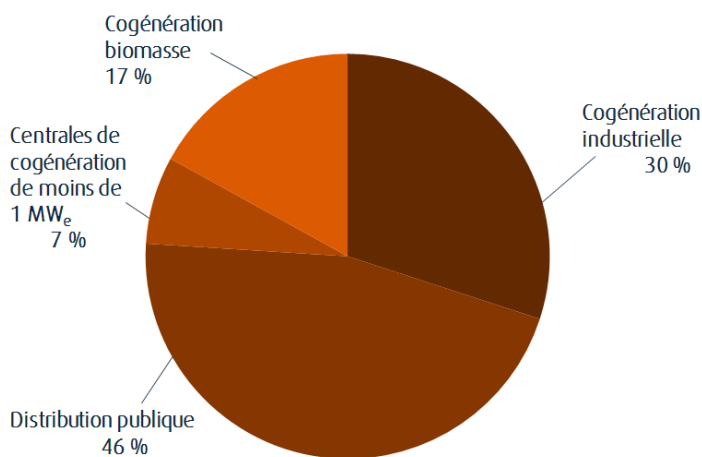


Figure 8 – Capacités de production d'électricité par cogénération en Allemagne en 2014, par type d'utilisation.  
Source : Öko-Institut, [Aktueller Stand der KWK-Erzeugung](#) (2015), p. 9.

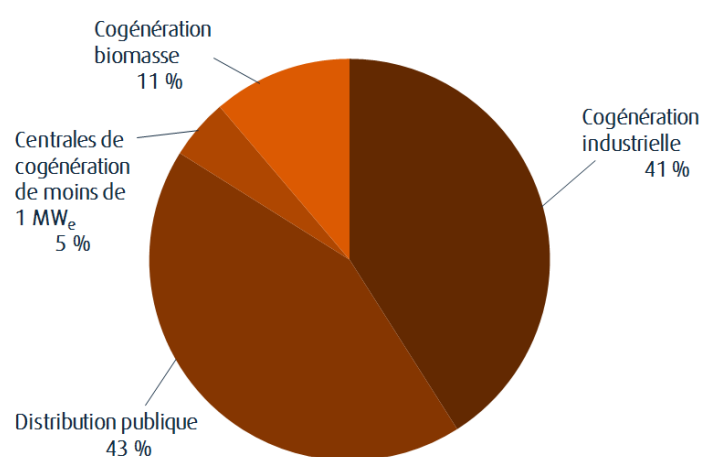


Figure 9 – Production de chaleur par cogénération en Allemagne en 2014, par type d'utilisation.  
Source : Öko-Institut, [Aktueller Stand der KWK-Erzeugung](#) (2015), p. 10.

La production nette d'électricité par cogénération a augmenté d'environ 20 TWh depuis 2003, pour atteindre environ 97 TWh par an. L'électricité produite par cogénération tourne autour de ce chiffre depuis 2010. L'industrie et la dis-

tributions publiques dominent le tableau, en représentant ensemble quelque 76 % de toute la production d'électricité par cogénération en 2014 (figure 8).<sup>18</sup>

La croissance la plus importante des dernières années est due aux **unités de cogénération biomasse**. Leur production est passée de 2,6 TWh en 2004 à 16,5 TWh en 2014. En chiffres absolus, la production des petits modules de cogénération<sup>19</sup> a également augmenté ces dernières années, tout comme celle de l'industrie énergétique dont la part relative tourne toutefois autour de 30 % depuis 2010. La cogénération destinée à la distribution publique, notamment celle alimentant les réseaux de chaleur, représentait en 2014 pour la première fois moins de la moitié de la production d'électricité par cogénération alors qu'elle pesait pour plus de 50 % dans celle-ci jusqu'en 2012.<sup>20</sup>

### Les centrales thermiques en montage-bloc

Les centrales thermiques en montage-bloc (*Blockheizkraftwerke* (BHKW) en allemand et *block-type thermal power station* en anglais) sont une forme de centrale de cogénération. Elles sont généralement destinées à l'approvisionnement local, à proximité du consommateur de chaleur. Le nom de « en montage-bloc » fait référence à la structure modulaire et, pour les plus petites puissances, compacte des installations disponibles sur le marché. Ces installations se différencient par leur technologie, leur puissance, le combustible utilisé et leur périmètre d'intervention.

Un moteur thermique est utilisé pour faire tourner le générateur produisant l'électricité. Ce peut être un moteur à combustion, une turbine à gaz (pour les sources d'énergies liquides ou gazeuses, telles que le pétrole, le gaz naturel ou le biogaz) ou encore une turbine à vapeur (pour les sources d'énergie solides comme la biomasse).

Plusieurs catégories de puissance existent. En Allemagne, ces centrales sont en général classifiées selon leur puissance électrique, même s'il n'y a pas de norme :

- nano-cogénération jusqu'à env. 2,5 kW ;
- micro-cogénération jusqu'à env. 20 kW ;
- mini-cogénération jusqu'à env. 50 kW ;
- petite cogénération jusqu'à env. 1 MW.

Les installations d'une puissance inférieure ou égale à 1 MW utilisent presque exclusivement des moteurs à combustible, les plus grandes installations en milieu industriel ou chez les distributeurs d'énergie plutôt des turbines à gaz ou à vapeur. L'Öko-Institut propose une ventilation plus fine de la production nette d'électricité par type d'installation en Allemagne : [Aktueller Stand der KWK-Erzeugung](#) (p. 16).

## III. Cadre législatif et mécanismes de soutien

**En Allemagne**, les **caractéristiques systémiques** de la cogénération en matière de **sécurité d'approvisionnement** et de **flexibilité** sont également valorisées en complément de la croissance des énergies variables au sein du système électrique.

**La France** s'intéresse davantage à la **cogénération pour la lutte contre le changement climatique** : ainsi, le soutien à la cogénération biomasse doit aider à réduire le recours aux énergies fossiles, dont le gaz naturel fait partie.

Les **mécanismes de soutien direct** des deux pays sont présentés dans les pages suivantes.

---

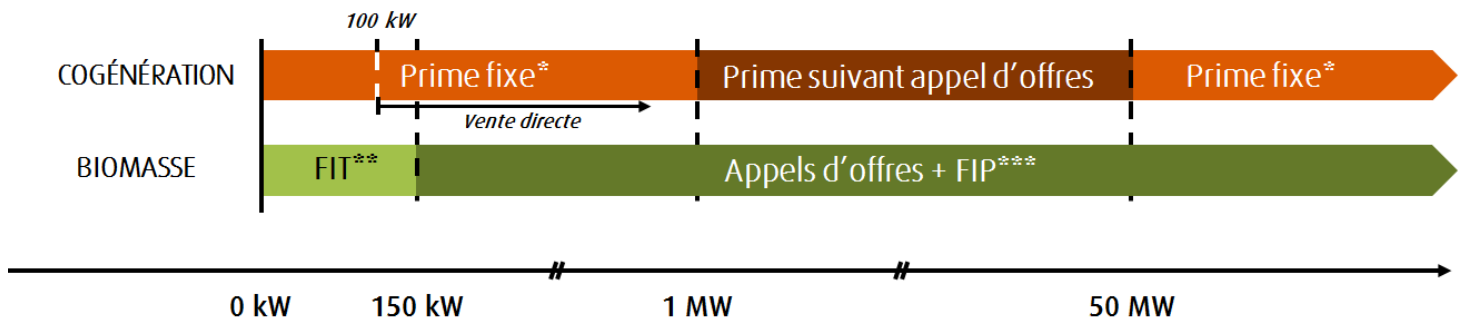
<sup>18</sup> La cogénération couvre environ 70 % de la production alimentant des réseaux publics de distribution de chaleur ; Rubrique « [KWK](#) » du site Internet de l'Agence fédérale allemande de l'environnement, consultée le 9 février 2017.

<sup>19</sup> Dans les figures 8 et 9, correspond aux centrales de cogénération de moins de 1 MW.

<sup>20</sup> Source : Öko-Institut, [Aktueller Stand der KWK-Erzeugung](#), p. 9.

### III.1. Le soutien à la cogénération en Allemagne

En Allemagne, le soutien à l'électricité produite par cogénération est essentiellement régi par deux lois : la loi relative à la cogénération (KWKG) qui porte sur les installations utilisant surtout des énergies fossiles, et la loi sur les énergies renouvelables (EEG) qui joue un rôle important pour la cogénération biomasse.



\*selon la prime prévue par la loi KWKG    \*\* FIT : *Feed-In-Tariff* (prix d'achat réglementé) selon la loi EEG    \*\*\* FIP : *Feed-In-Premium* (prime de marché variable) selon la loi EEG

Figure 10 – Mécanismes de soutien à l'électricité produite par cogénération et à partir de biomasse, en vertu des lois en vigueur KWKG 2016 et EEG 2017 ; Conception graphique : OFATE

#### Loi allemande relative à la préservation, la modernisation et au développement de la cogénération (KWKG).

La loi KWKG vise à augmenter la production d'électricité par cogénération pour protéger l'environnement et lutter contre le changement climatique. Son objectif est d'atteindre une production d'électricité nette à partir de la cogénération de **110 TWh à l'horizon 2020** et de **120 TWh à l'horizon 2025**. Entrée en vigueur en 2002, la loi KWKG a fait l'objet de quatre réformes (2009, 2012, 2016, 2017).

La loi [KWKG 2016](#) est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2016. Mais la Commission ne l'a approuvé que le 24 octobre 2016, après des amendements jugés nécessaires pour la conformité en matière d'aides d'État. La loi a également fait l'objet de modifications suite à l'entrée en vigueur, le 1<sup>er</sup> janvier 2017, de la [loi allemande du 22 décembre 2016 portant modification de la loi KWKG et des dispositions relatives à l'autoconsommation](#). Les aides instaurées par la loi KWKG 2016 ont été mises en attente suite aux réserves exprimées par la Commission européenne. Elles peuvent aujourd'hui, après une formulation corrigée, être accordées avec effet rétroactif au 1<sup>er</sup> janvier 2016.

Outre le **soutien aux réseaux de chaleur/froid** et aux **installations de stockage de chaleur/froid**, la loi KWKG définit les règles du **soutien** accordé à l'exploitant d'une centrale de cogénération neuve, modernisée ou mise à niveau. Il consiste **en une prime fixe versée en complément des recettes tirées de la vente sur le marché**. Le soutien à la cogénération est financé par le **prélèvement cogénération**. Il est facturé au consommateur final par les gestionnaires de réseau en complément des tarifs d'utilisation des réseaux. Ce prélèvement s'élève à 0,438 c€/kWh en 2017.<sup>21</sup>

Parmi les principales nouveautés instaurées par la loi [KWKG 2016](#) figurent notamment les suivantes :

- **Pas de soutien pour les centrales neuves ou modernisées utilisant le charbon comme combustible :**

Cette mesure vise à décarboner la production d'électricité.<sup>22</sup> Un supplément spécial est également prévu pour le remplacement d'une centrale de cogénération au charbon par du gaz.

<sup>21</sup> Netztransparenz (plateforme d'information des gestionnaires allemands de réseaux de transport) : [Aktuelle Daten zum Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz](#) (*Données actuelles sur la loi allemande sur la cogénération KWKG*) (2017).

<sup>22</sup> Le principe de confiance légitime s'applique aux centrales de cogénération au charbon actuellement en construction, qui continuent de bénéficier du soutien prévu par la loi KWKG 2012.

- **La rémunération n'est versée que pour l'électricité produite par cogénération et injectée dans le réseau public:** Des dérogations s'appliquent toutefois à certaines installations exploitées en dehors du service public, à savoir :
  - o centrales d'une puissance inférieure ou égale à 100 kW ;
  - o centrales utilisées dans les industries électro-intensives ;
  - o centrales alimentant une installation client et un réseau de distribution fermé.

Ces centrales peuvent bénéficier d'un soutien, même **si elles autoconsomment l'électricité** ; le montant de cette aide est toutefois inférieur que dans le cas d'injection dans le réseau public (KWKG 2016, art. 7 (3)). L'autoconsommation d'électricité produite par cogénération entraîne des avantages financiers. Elle ne fait pas l'objet de taxes ou de prélèvements. D'après le think tank Agora Energiewende, le privilège accordé à l'autoconsommation constitue donc un soutien indirect important.<sup>23</sup>

- **Vente directe obligatoire pour les centrales d'une puissance supérieure à 100 kW :**

L'exploitant de l'installation, et non plus le gestionnaire du réseau de transport, a la responsabilité de vendre l'électricité. Ce régime de soutien vise à encourager une production axée sur les prix de marché. Lorsque la demande est élevée, le prix de l'électricité monte. L'exploitant d'une installation pilotable peut ainsi augmenter ses recettes en vendant son électricité sur le marché à ce moment. L'objectif est d'assurer une meilleure intégration de la cogénération au marché de l'électricité et de compenser la variabilité de la production de certaines énergies renouvelables comme l'éolien ou le photovoltaïque.

L'exploitant d'une centrale de cogénération d'une puissance électrique inférieure ou égale à 100 kW peut en revanche choisir librement entre la vente directe, l'autoconsommation et la commercialisation par le gestionnaire de réseau.

- **Appels d'offres pour les centrales neuves ou modernisées d'une puissance de 1 à 50 MW :**

Le but est de mieux maîtriser le développement des capacités de production et d'assurer un bon rapport coût-efficacité de l'aide accordée. Les **appels d'offres** portent sur **100 MW pour 2017**, puis sur **200 MW par an jusqu'en 2021** inclus.<sup>24</sup> Ces volumes sont divisés en deux tranches, l'une visant la cogénération classique et l'autre la **cogénération innovante**. Peu émettrice de gaz à effet de serre et particulièrement efficace sur le plan énergétique, cette dernière peut par exemple utiliser une part importante d'énergies renouvelables. Toutes les installations participant aux appels d'offres doivent remplir certaines **conditions techniques** en termes de **pilotage et de flexibilité**. L'objectif est d'éviter une production minimale des centrales de cogénération et tout effet d'éviction des énergies renouvelables de la production d'électricité.

- **Aucune aide n'est versée lorsque le prix de l'électricité est inférieur ou égal à zéro**, c'est-à-dire lorsque l'offre excède la demande sur le marché.<sup>25</sup> :

Le but est d'éviter que l'exploitant continue de produire à ce moment. Un tel comportement pourrait être rentable pour lui en cas de soutien sans conditions, mais entraînerait un coût important à l'échelle macroéconomique.

Les primes échelonnées en fonction de la part de la cogénération (KWKG 2016, art. 7) ont **augmenté de 25 % à 83 %** par rapport à la loi KWKG 2012.<sup>26</sup> Le montant de la prime pour l'électricité produite par cogénération et injectée dans le réseau varie de 3,1 à 8 €/kWh en fonction de la part de la cogénération. La période de soutien (KWKG 2016, art. 8) pour les nouvelles installations est de 30 000 heures de pleine charge pour les centrales de plus de 50 kW et de 60 000

---

<sup>23</sup> Pour en savoir plus sur le soutien direct et indirect à la cogénération : Agora Energiewende (2015) : [Die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung für die Energiewende](#), p. 29-38.

<sup>24</sup> D'autres dispositions légales sont prévues au cours de 2017, et les appels d'offres devraient démarrer au cours du semestre d'hiver 2017/2018. La conception des appels d'offres devrait se baser sur la loi EEG 2017.

<sup>25</sup> Prix de l'électricité selon la bourse européenne de l'électricité EPEX-Spot.

<sup>26</sup> Chiffres calculés par l'OFATE en comparant les aides prévues par les lois KWKG 2016 et [KWKG 2012](#).

heures de pleine charge pour la petite cogénération d'une puissance inférieure ou égale à 50 kW.<sup>27</sup> L'**enveloppe globale de soutien maximale** est passée de 750 millions d'euros par an à **1,5 milliard d'euros par an**.

### Loi sur les énergies renouvelables (EEG)

En Allemagne, le soutien à l'électricité produite à partir de biomasse est régi par les dispositions de la loi EEG. Les installations concernées sont souvent exploitées en cogénération.<sup>28</sup> Comme mentionné plus haut, les **dispositifs de soutien prévus par la loi EEG** ont joué un rôle décisif dans le **développement de la cogénération biomasse** ces dernières années. Le coût de ce soutien est répercuté sur le consommateur en vertu de ladite loi ; le prélèvement EEG s'élève à 6,88 c€/kWh en 2017.<sup>29</sup> Sur ce montant, 1,8 c€/kWh est destiné au soutien des installations utilisant la biomasse.<sup>30</sup>

La dernière réforme de la loi EEG date de 2016. Elle est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2017 sous l'appellation d'[EEG 2017](#). L'objectif de cette réforme est d'augmenter la part de l'électricité renouvelable dans la consommation totale d'électricité. Pour certaines technologies, des **objectifs concrets de développement et des mesures précises** ont été définis. Pour mieux maîtriser le développement des capacités et favoriser leur intégration au marché, le **soutien** des installations utilisant la biomasse passera principalement **par des appels d'offres**, à l'instar de toutes les autres énergies renouvelables. Le soutien sera attribué à l'exploitant, dont l'installation sera rentable avec un minimum d'aides financières.

Les principales modalités du soutien aux bioénergies sont esquissées ci-après.

- Les **appels d'offres** portent sur **150 MW par an** pour la période 2017-2019, puis sur **200 MW par an** de 2020 à 2022. La date limite de soumission des offres est fixée au 1<sup>er</sup> septembre de chaque année. Les installations existantes en fin de période de soutien peuvent également participer aux appels d'offres. La durée du soutien est de 20 ans pour les nouvelles installations et de 10 ans pour les installations existantes. Ce soutien est plafonné à 14,88 c€/kWh pour les premières et à 16,9 c€/kWh pour les dernières. Les installations pour lesquelles les offres soumises dépassent ces seuils sont donc éliminées de l'appel d'offres.
- Les petites **installations de moins de 150 kW** bénéficient toujours d'un **tarif d'achat réglementé** et garanti pendant 20 ans, qui s'élève actuellement à 13,32 c€/kWh.
- Si le marché n'est pas attribué en totalité, le volume restant est reporté sur l'appel d'offres de l'année suivante. En même temps, ce volume de l'appel d'offres est diminué de la part attribué aux nouvelles installations de moins de 150 kW.

### Directive portant sur la mini-cogénération

L'Allemagne encourage en outre la mini-cogénération par le biais de ces [directives portant soutien aux centrales de cogénération d'une puissance inférieure ou égale à 20 kW<sub>e</sub>](#). Instauré en 2012, ce programme de soutien porte, fin 2016, sur 6665 installations. Elles bénéficient d'un soutien d'environ 14 millions d'euros et représentent une puissance électrique cumulée de 33 MW.<sup>31</sup> Limitée aux centrales d'une puissance inférieure ou égale à 20 kW, la directive portant sur la mini-cogénération s'adresse surtout aux propriétaires de maisons (cf. tableau 1). En 2015, 4045 centrales de

---

<sup>27</sup> Les heures de pleine charge sont le quotient de la production d'électricité éligible au soutien par la puissance de la centrale de cogénération.

<sup>28</sup> Agora Energiewende (2015) : [Die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung für die Energiewende](#), p. 29.

<sup>29</sup> [Plateforme d'information des questionnaires allemands de réseaux de transport](#) (Netztransparenz), consultée le 17 février 2017.

<sup>30</sup> Plus d'informations sur le prélèvement EEG dans un [mémo de l'OFATE](#).

<sup>31</sup> [Communiqué de presse](#) du Ministère fédéral de l'environnement, de la protection de la nature, de la construction et de la sûreté nucléaire (BMUB), consulté le 20 février 2017.



cogénération d'une puissance inférieure ou égale à 20 MW ont été construites, modernisées ou mises à niveau en Allemagne, pour une puissance cumulée de 30,7 MW.<sup>32</sup>

La directive rémunère les centrales de cogénération suivant un taux de base auquel peuvent s'ajouter des primes cumulables pour le rendement thermique et le rendement électrique.

## III.2. Substitution de la cogénération au gaz naturel par la cogénération biomasse en France

En août 2015, la France a adopté sa [loi sur transition énergétique pour la croissance verte \(LTECV\)](#). Ses objectifs sont mis en œuvre sous forme de priorités et mesures concrètes dans le cadre de la [programmation pluriannuelle de l'énergie](#) (PPE). Elle a été publiée le 28 octobre 2016.<sup>33</sup>

La PPE vise notamment à **augmenter largement** la part de la chaleur renouvelable, afin de **décarboner le mix énergétique** et **réduire la part des énergies fossiles**. Cela se traduit entre autres par la **cogénération biomasse et biogaz**. En raison des **possibles conflits d'usages de la biomasse**, les exigences sont particulièrement élevées concernant l'efficacité énergétique de la valorisation de ces sources d'énergie.<sup>34</sup>

Les **dispositifs de soutien** à la cogénération **ciblent plus particulièrement les sources d'énergies renouvelables**. En raison de l'incompatibilité de la **cogénération au gaz naturel** avec les objectifs climatiques, **aucun objectif quantitatif de développement de nouvelles capacités** n'a été fixé pour cette filière. Il s'agit de favoriser une transformation de la cogénération au gaz naturel vers une cogénération flexible à partir de ressources renouvelables.<sup>35</sup> Il est prévu de réduire la consommation de gaz naturel de 8,4 % d'ici 2018 et de 15,8 % d'ici 2023, par rapport à l'année de référence 2012.<sup>36</sup>

Les décrets du [27 mai 2016](#) et du [28 mai 2016](#) définissent les énergies (en général renouvelables) éligibles au soutien ainsi que les modalités des mécanismes de soutien tels que le tarif d'achat, le complément de rémunération ou les appels d'offres, en application des dispositions du code de l'énergie. Les sources d'énergie les plus pertinentes pour la cogénération sont ensuite examinées.

Le coût du soutien est répercuté sur le consommateur final. Contrairement à la réglementation allemande avec deux prélèvements distincts pour le soutien à la cogénération et aux énergies renouvelables, la Contribution au service public de l'électricité (CSPE), désormais absorbée par la Taxe intérieure sur les consommations finales d'électricité (TICFE), finance notamment les mesures de **soutien aux énergies renouvelables et à la cogénération**.<sup>37</sup> Le montant de cette taxe est fixé à 2,25 €/kWh pour 2017.<sup>38</sup> La part destinée au soutien aux énergies renouvelables s'élevait en 2016 à 1,51 €/kWh, soit 67,1 % de cette taxe.

---

<sup>32</sup> Une [statistique](#) de l'Office fédéral allemand de l'économie et du contrôle des exportations (BAFA) fournit des chiffres détaillés sur le développement de la cogénération et sur la puissance des installations.

<sup>33</sup> Un mémo de l'OFATE sur la PPE est disponible en [allemand](#).

<sup>34</sup> Un exemple d'usages concurrents : la valorisation matière du bois, par exemple pour la fabrication de meubles, contre la valorisation énergétique pour la cogénération.

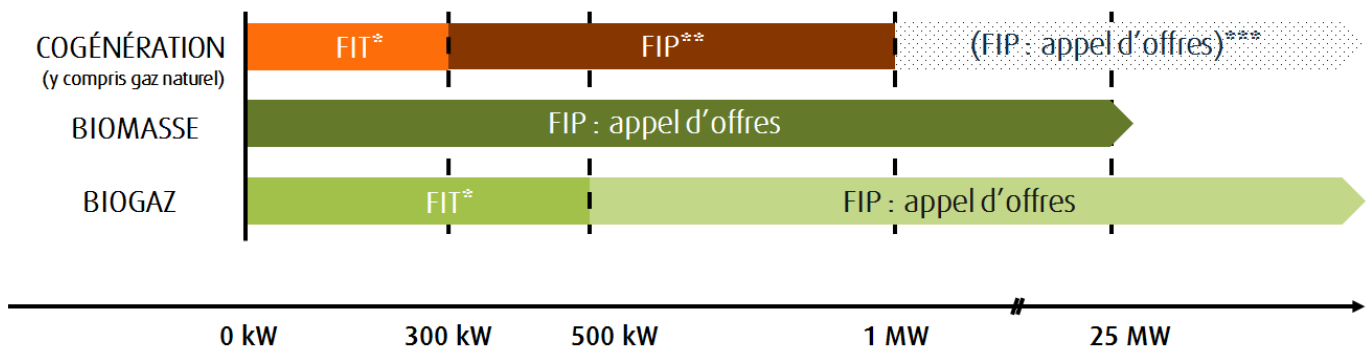
<sup>35</sup> [PPE](#), p. 45, p. 106.

<sup>36</sup> [PPE](#), p. 2.

<sup>37</sup> La part du soutien au photovoltaïque est particulièrement importante. Plus d'informations sur le [site Internet](#) du cabinet de conseil en énergie Atlante (consulté le 6 mars 2017).

<sup>38</sup> [Site Internet](#) d'Électricité de France (EDF) au sujet du soutien public à la distribution d'énergie, consulté le 15 février 2017.





\* FIT : *Feed-In-Tariff* (prix d'achat réglementé) \*\* FIP : *Feed-In-Premium* (prime de marché variable) \*\*\* actuellement non prévu

Figure 11 – Mécanismes de soutien à l'électricité produite par cogénération à partir de gaz naturel, de biomasse et de biogaz en France (2017); Conception graphique : OFATE.

### Gaz naturel:

Le nombre important d'installations existantes, d'une puissance inférieure ou égale à 12 MW est dû aux tarifs d'achats existants passés. Ce soutien explique que le gaz naturel représente **la part la plus importante dans la production totale par cogénération**. Comme déjà mentionné, la LTECV et la PPE illustrent un changement de paradigme. Contrairement à la cogénération biomasse, censée contribuer aux objectifs climatiques et à la réduction de la consommation d'énergie fossile, la cogénération au gaz naturel n'est considérée éligible au soutien que si elle peut remplacer, grâce à sa meilleure efficacité énergétique, **d'autres moyens de production à base d'énergies fossiles**, tels que les centrales à cycle combiné gaz. Pour réduire la consommation d'énergies fossiles, il est néanmoins prévu d'encourager le remplacement des installations existantes fonctionnant au **gaz naturel** par des **unités de cogénération biomasse**.<sup>39</sup> La Commission de régulation de l'énergie (CRE) a d'ores et déjà appelé 40 MW d'installations biomasse dans le cadre d'un premier appel d'offre prévoyant une rémunération sur 20 ans ; la date limite de dépôt des offres est fixée au 2 juin 2017.<sup>40</sup>

**Seule la petite cogénération** reste donc éligible à des aides directes. Les installations de moins de 300 kW peuvent prétendre au **tarif d'achat réglementé** et celles entre 300 kW et 1 MW à un **complément de rémunération variable**, dans les deux cas sur une durée de 15 ans. L'[arrêté du 3 novembre 2016](#) fixe les conditions d'achat et du complément de rémunération pour les installations éligibles.

L'[article L.311-10](#) du code de l'énergie et l'[arrêté du 17 août 2016](#) fournissent la base légale pour le lancement d'appels d'offres portant sur la cogénération au gaz naturel d'une puissance de 1 à 12 MW ou de plus de 12 MW. Or, puisque la PPE ne cible pas le développement de la « grande » cogénération au gaz naturel, de tels appels d'offres ne sont pas prévus.

### Biomasse:

En France, la cogénération biomasse était jusqu'ici soutenue par des **tarifs d'achat réglementés**, définis dans le cadre de **quatre appels d'offres lancés entre 2003 et 2010** (CRE1 à CRE4). Si les appels d'offres CRE1, CRE2 et CRE4 ont surtout fait naître des installations en milieu industriel, 9 des 20 projets retenus dans le cadre de CRE3 (2009) portaient sur l'alimentation d'un réseau de chaleur.<sup>41</sup>

<sup>39</sup> PPE, p. 45, p. 106.

<sup>40</sup> [Cahier des charges](#) de l'appel d'offres.

<sup>41</sup> Plus d'informations sur les résultats des appels d'offres : Observer : [Le baromètre 2016 des énergies renouvelables électriques en France](#) (2017), p. 55, tableau 1.





Jusqu'au 30 mai 2016, les projets ne répondant pas au cahier des charges des appels d'offres pouvaient bénéficier du tarif d'achat réglementé. Fin 2016, cinq installations étaient placées sous ce régime, et quatre autres projets validés avant l'annulation de ce régime étaient encore en construction.<sup>42</sup> Le tarif d'achat avait été instauré en 2002, puis modifié une dernière fois par l'[arrêté du 27 janvier 2011](#). Les installations d'une puissance de 5 à 12 MW étaient, ou sont toujours, soutenues par un tarif d'achat de 4,34 c€/kWh auquel s'ajoute une prime de 7,71 à 10,62 c€/kWh, en fonction de l'efficacité énergétique de l'installation.

Depuis 2016, le **dispositif de complément de rémunération** s'applique à l'électricité produite à partir de biomasse. L'exploitant d'une installation ne bénéficie donc plus d'un tarif d'achat fixe. Le complément de rémunération consiste en un tarif constitué du prix du marché augmenté d'une prime constante. Cette prime est calculée comme la différence entre le prix de référence défini grâce à l'appel d'offres et la moyenne des prix de marché observés.<sup>43</sup>

En février 2016, la Commission de régulation de l'énergie (CRE) a ainsi lancé le premier des trois appels d'offres prévus pour la période 2016-2018 (un par an). Ces appels d'offres portent sur un volume de 50 MW par an, dont 10 MW réservés à des petits projets de 0,3 à 3 MW. La taille maximale par projet est de 25 MW.

Le [cahier des charges correspondant](#) diffère essentiellement sur deux points de ceux des appels d'offres précédents : l'installation doit respecter une **efficacité énergétique d'au moins 75 %**, contre 50 à 60 % pour les appels d'offres CRE3 et CRE4, et le porteur de projet doit **verser une caution financière**. En cas de non respect de certaines modalités ou délais, cette caution est progressivement perdue.<sup>44</sup> L'objectif est de garantir que les projets retenus seront effectivement réalisés. Les lauréats de cet appel d'offres CRE 5 ont été publiés en [mars 2017](#).

### **Biogaz:**

Le **tarif d'achat réglementé** est maintenu pour les installations d'une puissance **inférieure ou égale à 500 kW**.

Ces tarifs concernent les installations existantes ainsi que celles ayant déposé une demande en ce sens avant le 31 décembre 2016. L'[arrêté du 30 octobre 2015](#) a modifié les conditions d'achat applicables depuis le 19 mai 2011. Un deuxième arrêté tarifaire portant sur les nouvelles installations est attendu (pas encore paru en février 2017). Par ailleurs, l'[arrêté du 24 février 2017](#) a porté à **20 ans** (au lieu de 15 ans) la **durée des contrats d'achat** pour les installations bénéficiant d'un tarif d'achat fixe.<sup>45</sup>

Suite à une décision prise en 2016, les **installations de plus de 500 kW** sont **désormais soutenues par un complément de rémunération**, les projets seront choisis le cadre d'appels d'offres portant également sur la biomasse. En février 2016, la CRE a ainsi lancé un appel d'offres portant sur 10 MW pour la première période (2016). Selon le [cahier des charges correspondant](#), la cogénération n'est pas obligatoire pour les installations biogaz, contrairement à celles fonctionnant à la biomasse. Les lauréats de ce premier appel d'offres ont été publiés en [mars 2017](#).

---

<sup>42</sup> Les aides aux installations existantes et à celles ayant déposé leur demande d'aide avant le 30 mai sont maintenues.

<sup>43</sup> Un [mémo de l'OFATE](#) fournit plus de détails sur le modèle de prime de marché (en allemand uniquement).

<sup>44</sup> Plus de détails au chapitre 5.1 du [cahier des charges](#).

<sup>45</sup> [Le baromètre 2016 des énergies renouvelables électriques en France](#) (2017), p. 68.