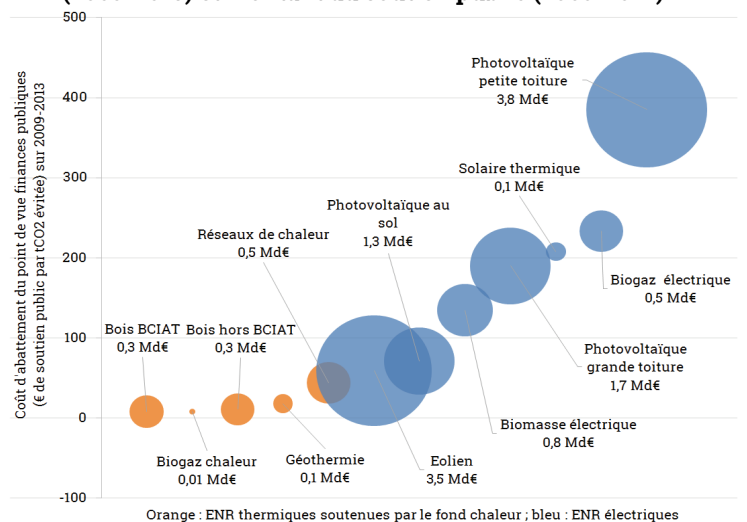


## Les énergies renouvelables thermiques

- En France, la consommation de chaleur représente près de la moitié de la consommation finale d'énergie. Ce secteur est aujourd'hui encore largement carboné (le gaz, le fioul et le charbon représentent plus de 60 % de la production de chaleur) et constitue donc un enjeu majeur pour la décarbonation de l'économie.
- Le bois énergie, utilisé essentiellement pour la production de chaleur, est aujourd'hui la première source d'énergies renouvelables consommée en France, devant l'hydraulique. La France est néanmoins en retard sur ses objectifs de chaleur renouvelable : 20,7 % de la production de chaleur était d'origine renouvelable en 2016, alors que l'objectif fixé était de 25,5 %.
- Les énergies renouvelables (EnR) thermiques sont en général quasiment aussi compétitives que les moyens carbonés de production de chaleur (gaz, pétrole). Elles présentent donc un coût de la tonne de carbone évitée relativement faible et inférieur à celui des EnR électriques comme l'éolien ou le solaire (cf. graphique).
- La mise en place d'un prix du carbone élevé est le principal outil de soutien à la chaleur renouvelable. La hausse votée en loi de finances pour 2018 de la trajectoire de la composante carbone, qui atteindra 86,2 € par tonne de carbone en 2022, va ainsi nettement augmenter la compétitivité des EnR thermiques.
- Néanmoins, la présence de barrières à l'investissement (comme le manque d'information ou les difficultés d'accès au crédit), justifie le maintien d'un soutien public notamment via le fonds chaleur et le crédit d'impôt transition énergétique, pourvu qu'ils soient ciblés sur les technologies les plus efficaces, et de normes thermiques pour les constructions.

**Coûts d'abattement des technologies soutenues par le fonds chaleur (2009-2013) et montant du soutien public (2009-2014)**



Source : Fonds chaleur, Cour des comptes, DG Trésor. Calculs DG Trésor.

Cf. Grazi L. et Souletie A. (2016), « Les Énergies renouvelables : quels enjeux de politiques publiques ? » Lettre Trésor-Éco n° 162.

# 1. Panorama des énergies renouvelables (EnR) thermiques en France<sup>1</sup>

## 1.1 La chaleur, qui représente la moitié de la consommation d'énergie, reste largement carbonée

La consommation de chaleur représente près de la moitié de la consommation d'énergie finale totale. En 2015, sur un total de 149 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) de consommation finale<sup>2</sup> d'énergie en métropole (qui comprend également l'électricité et les transports), la consommation de chaleur atteignait 70 Mtep, soit 47 % de la consommation finale totale d'énergie. Cette chaleur reste largement carbonée. En 2015, près de deux tiers de la production était ainsi réalisée à partir de gaz (41 %), de fioul (17 %) et de charbon (8 %, dans l'industrie). Le tiers restant se partage entre l'électricité (17 %, très largement décarbonée en France) et les énergies renouvelables thermiques (18 %). Ces dernières recouvrent des technologies très variés, qui peuvent servir pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire :

- La biomasse (essentiellement du bois) est utilisée pour chauffer une ou plusieurs pièces ou peut être reliée au chauffage central ou au ballon d'eau chaude via une chaudière (aussi bien dans l'individuel que le collectif)
- Le biogaz est produit par la fermentation (méthanisation) des déchets (ordures ménagères, boues d'épuration ou déchets agricoles).
- Le solaire thermique permet d'assurer la production d'eau chaude sanitaire et également dans certains cas d'une partie du chauffage. La technologie la plus commune est celle du chauffe-eau solaire individuel (CESI).
- La géothermie est l'exploitation de l'énergie thermique contenue dans le sous-sol, dans lequel la température augmente avec la profondeur (on exploite des températures allant de 10 à 100°C).
- La pompe à chaleur (PAC) est un système thermodynamique qui permet de prélever de la chaleur d'un milieu à

bas niveau de température (l'extérieur d'une habitation par exemple), pour la transférer vers un milieu où la température est plus élevée (l'intérieur). On distingue les pompes à chaleur aérothermiques, qui utilisent l'air comme source de chaleur, et les pompes à chaleur géothermiques, qui captent l'énergie du sol ou de l'eau.

- La chaleur fatale (ou chaleur de récupération) est la chaleur générée par un procédé qui n'en constitue pas la finalité première, et qui est récupérée. Les sources de chaleur fatale sont diversifiées : sites de production industrielle, bâtiments tertiaires, centre de données, ou sites d'élimination des déchets.
- Dans les réseaux de chaleur, une chaufferie centrale produit de la chaleur (sous forme d'eau chaude ou de vapeur), qui est ensuite distribuée par un réseau de canalisations souterraines à des immeubles d'habitation ou des entreprises, à l'échelle d'un quartier ou d'une ville. Le caractère renouvelable des réseaux dépend de l'alimentation des chaufferies.

## 1.2 La France est en retard sur ses objectifs de chaleur renouvelables

La directive 2009/28/ CE a fixé à la France un objectif de 23 % d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation finale brute<sup>3</sup> d'énergie à l'horizon 2020. En 2016, cette part s'élevait à 15,7 %, contre 18,0 % prévu dans la trajectoire (cf. tableau 1). Cela vient en particulier d'un retard important de la chaleur renouvelable, qui représentait 20,7 % de la consommation de chaleur, contre un objectif de 25,5 %.

Par rapport au plan national d'action pour les EnR de 2010, qui fixait un objectif et une trajectoire pour les différentes filières de chaleur renouvelable, seules les pompes à chaleur ont dépassé leur cible. Les autres filières sont en retard : la biomasse a réalisé 75 % de son objectif, les autres technologies sont à moins de 50 %.

**Tableau 1 : Part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie en 2016**

	Réalisé en 2016	Trajectoire prévue pour 2016	Objectif 2020
Chaleur, refroidissement	20,7 %	25,5 %	33,0 %
Électricité	19,1 %	21,5 %	27,0 %
Transport	8,7 %	8,4 %	10,5 %
Ensemble	15,7 %	18,0 %	23,0 %

Source : CGDD, *Les énergies renouvelables en France en 2016, 2017*.

(1) Cf. Souletie A. (2018), « Les énergies renouvelables thermiques », *Les Documents de Travail de la DG Trésor* n° 2018/2.

(2) La consommation finale ne considère que l'énergie livrée au consommateur (ménages ou entreprises) pour sa consommation finale, quand l'énergie primaire prend également en compte l'énergie utilisée pour la production de cette énergie.

(3) C'est-à-dire non corrigé des variations climatiques.

### 1.3 Les énergies renouvelables thermiques ont des coûts de production proches de ceux des moyens de production carbonés

Pour le logement individuel, les chauffages au bois sont dans certains cas au moins aussi rentables que les chaudières au gaz à condensation, qui constituent la technologie carbonée la moins coûteuses. Les chauffages au bois coûtaient de 54 à 100 €/MWh contre environ 84 €/MWh pour les chaudières au gaz en 2016<sup>4</sup>. Les pompes à chaleur (116-145 €/MWh) étaient plus coûteuses, mais restaient compétitives par rapport à des condensateurs électriques (154 €/MWh). Le solaire thermique était en revanche très nettement plus onéreux que les chaudières à gaz (entre 181 et 366 €/MWh).

## 2. Le soutien public aux énergies renouvelables thermiques passe par différents mécanismes

La mise en place d'un prix du carbone élevé est l'outil le plus efficace pour favoriser le déploiement des EnR thermiques. Il renchérit en effet le coût des technologies carbonées par rapport aux technologies propres, et favorise donc l'adoption de ces dernières au moindre coût pour la collectivité, en assurant une neutralité technologique. À ce titre, le rehaussement de la trajectoire de la composante carbone votée en loi de finances initiale pour 2018 augmentera fortement la compétitivité des EnR thermique. La composante carbone atteint 44,6 €/tCO<sub>2</sub> en 2018 et passera à 86,2 €/tCO<sub>2</sub> en 2022. Un tel niveau de taxe carbone augmentera le coût des moyens de production au gaz de 10 €/MWh en 2018 et de 19,4 €/MWh en 2022 par rapport à une situation sans composante carbone.

L'adoption de technologies thermiques peut toutefois être freinée par plusieurs difficultés (manque d'information, difficultés d'accès au crédit, non prise en compte par le consommateur des gains à long terme d'un investissement initial important), ce qui justifie la mise en place de politiques d'accompagnement.

### 2.1 Le crédit d'impôt transition énergétique (CITE) devrait cibler les technologies les plus efficaces

Dans le cas des EnR thermiques, le CITE subventionne pour les ménages les dépenses d'acquisition (à hauteur de 30 %) d'équipements utilisant des énergies renouvelables (chaudières au bois), les pompes à chaleur ou le raccordement à des réseaux de chaleur alimenté par des EnR. En 2017, le CITE représentait un soutien de 300 M€ à

En revanche, pour le logement collectif ou les secteurs industriel et tertiaire, en 2016, les EnR thermiques présentaient systématiquement un surcoût par rapport aux chaudières à gaz. Dans certains cas, le surcoût était faible, comme pour la biomasse industrielle (coût compris entre 46 et 96 €/MWh contre 40 à 75 €/MWh pour des chaufferies industrielles au gaz), les pompes à chaleur géothermiques (56-114 €/MWh), ou la géothermie profonde (74-99 €/MWh).

Enfin, si le coût de l'énergie issue des réseaux de chaleur est très variable, ces réseaux sont aujourd'hui compétitifs en moyenne, en particulier les réseaux alimentés par des EnR (dont le coût moyen était de 68 €/MWh en 2015<sup>5</sup>).

la chaleur renouvelable. Comme les EnR thermiques peuvent avoir un temps de retour sur investissement plus long que les moyens de production carboné, du fait de coûts fixes plus importants, des subventions pourraient permettre aux consommateurs impatientes de se tourner vers ces technologies. Ainsi, il est justifié de maintenir le CITE pour les technologies EnR thermiques les moins coûteuses, notamment pour les chaudières au bois les plus efficaces (dont les émissions de particules fines sont très faibles).

### 2.2 Les normes de construction peuvent favoriser la transition énergétique

Certaines contraintes spécifiques, comme la difficulté de partager les gains entre bailleurs et locataires, font que le CITE ne permet pas toujours de déclencher les investissements efficaces. Cela justifie l'édiction de normes. La prochaine réglementation thermique fixera les normes applicables aux bâtiments construits après 2020. En particulier, ces bâtiments devront tous être à énergie positive (BEPOS), c'est-à-dire que leur consommation d'énergie devra être inférieure à leur production d'énergie renouvelable. Les EnR électriques et thermiques seront donc mobilisées pour satisfaire ce critère. Il faudra toutefois s'assurer que les critères de la future réglementation thermique n'induisent pas de distorsion en faveur des EnR électriques, car leur développement nécessite un soutien public plus important que les EnR thermiques.

(4) Toutes les estimations de coûts sont issues de l'ADEME, Coûts des Énergies renouvelables, 2016.

(5) Source : AMORCE, Compétitivité des réseaux de chaleur en 2015.

### 2.3 Le fonds chaleur finance des technologies thermiques vertes globalement efficaces pour un montant de soutien public relativement faible

Le fonds chaleur permet de soutenir les projets de production de chaleur renouvelable (biomasse, géothermie, solaire thermique, biogaz et réseaux de chaleur) pour l'habitat collectif, les collectivités et les entreprises. Géré par l'ADEME, il est doté de 215 M€ en 2018. Il repose sur un processus de sélection des projets les plus rentables, en

offrant des subventions calibrées pour permettre aux projets d'être compétitifs par rapport à une solution carbonée (le plus souvent il s'agit du gaz). Les montants alloués par le fonds chaleur vont à des technologies globalement très efficaces et paraissent relativement faibles en comparaison au soutien alloué à des EnR électriques beaucoup plus coûteuses (cf. tableau 2). Il convient ainsi de maintenir le fonds chaleur concomitamment à la hausse de la composante carbone.

**Tableau 2 : Coûts d'abattement des technologies soutenues par le fonds chaleur (2009-2013) et montant du soutien public (2009-2014)**

	Coût de la tonne de CO2eq évitée (€/t CO2eq) sur la période 2009-2013	Soutien cumulé sur la période 2009-2014 (en Md€)
Bois hors BCIAT <sup>a</sup>	11	0,3
Bois BCIAT	8	0,3
Géothermie	18	0,1
Biogaz	8	0,01
Solaire thermique	208	0,1
Réseaux de chaleur	44	0,5
<b>Total chaleur</b>		<b>1,2</b>
Photovoltaïque petite toiture	235-535	3,8
Photovoltaïque grande toiture	190	1,7
Photovoltaïque au sol	71	1,3
Biomasse	67-202	0,8
Biogaz	94-373	0,5
Éolien terrestre	59	3,5
<b>Total électricité</b>		<b>11,7</b>

a. Biomasse pour l'industrie, l'agriculture et le tertiaire.

Source : Fonds chaleur, Cour des comptes, DG Trésor. Calculs DG Trésor. On suppose un taux d'actualisation de 4 % sur 20 ans.

**Arthur SOULETIE**

#### Éditeur :

Ministère de l'Économie et des Finances  
Direction générale du Trésor  
139, rue de Bercy  
75575 Paris CEDEX 12

#### Directeur de la

#### Publication :

Michel Houdebine

#### Rédacteur en chef :

Jean-Luc Schneider  
(01 44 87 18 51)  
tresor-eco@dgtresor.gouv.fr

#### Mise en page :

Maryse Dos Santos  
ISSN 1777-8050  
eISSN 2417-9620

Derniers numéros parus

#### Mai 2018

N°221. Institutions et développement : que dit l'enquête Profils institutionnels ?  
Marie Garcia, Malgorzata Nedjam

#### Avril 2018

N°220. Vers une accélération des salaires au Japon ?  
Mehnni Ben Yaala  
N°219. La recherche publique française en comparaison internationale  
Axel Demenet

<https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/tags/Tresor-Eco>

**in** Direction générale du Trésor

**t** @DGTrésor

*Ce document a été élaboré sous la responsabilité de la direction générale du Trésor et ne reflète pas nécessairement la position du ministère de l'Économie et des Finances.*