



## Efficacité énergétique dans l'industrie : processus, énergies renouvelables et récupération de chaleur fatale

Date de la conférence : les 29 et 30 septembre

Décembre 2020

Auteure :

Lena Müller-Lohse, OFATE • [lena.muller-lohse@developpement-durable.gouv.fr](mailto:lena.muller-lohse@developpement-durable.gouv.fr)

Soutenu par :



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Soutenu par :





## Synthèse

Ce document présente les principaux résultats de la conférence en ligne intitulée « Efficacité énergétique dans l'industrie : processus, énergies renouvelables et récupération de chaleur » (voir le [programme](#) de la conférence). Organisée par l'Office franco-allemand pour la transition énergétique (OFATE), cette conférence s'est tenue les 29 et 30 septembre, en matinée.

Les thèmes suivants ont été abordés : état des lieux et tendances de l'efficacité énergétique dans l'industrie ([chapitre I](#)), objectifs et cadre réglementaire ([chapitre II](#)), programmes de soutien ([chapitre III](#)), importance de l'efficacité énergétique pour les industries énergivores ([chapitre IV](#)). Par ailleurs, des projets d'efficacité énergétique dans l'industrie ont été présentés ([chapitre V](#) + exposition de posters).

Les présentations (en anglais) des intervenants à cette conférence sont à télécharger sur le [site Internet de l'OFATE](#). La vidéo de la conférence peut être visualisée, en français et en allemand, après connexion à l'espace adhérent. **La présente synthèse ne constitue pas une retranscription littérale des interventions**, mais vise plutôt à en délivrer les points essentiels, en éclairant les contextes français et allemand.

## 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.



## Sommaire

<b>Disclaimer</b>	<b>2</b>
<b>I. Efficacité énergétique dans l'industrie : état des lieux et tendances</b>	<b>4</b>
I.1. En Europe	4
I.2. En France et en Allemagne	5
<b>II. Objectifs et cadre réglementaire pour l'efficacité énergétique dans l'industrie</b>	<b>9</b>
II.1. En France	9
II.2. En Allemagne	10
<b>III. Programmes de soutien pour l'efficacité énergétique dans l'industrie</b>	<b>12</b>
III.1. En France	12
III.2. En Allemagne	13
<b>IV. Focus sur les industries énergivores : l'industrie chimique et l'industrie papetière</b>	<b>15</b>
IV.1. L'industrie chimique	15
IV.2. L'industrie papetière	18
<b>V. Projets d'efficacité énergétique dans l'industrie</b>	<b>19</b>
V.1. Utilisation transfrontalière de chaleur fatale provenant d'une aciérie	20
V.2. Modèles d'affaires pour la mise en œuvre de projets d'efficacité énergétique dans l'industrie	21
V.3. Le financement : un levier pour améliorer l'efficacité énergétique des processus industriels	23
V.4. L'économie circulaire dans l'industrie	24
<b>+ Exposition de posters sur l'efficacité énergétique dans l'industrie : (en anglais)</b>	<b>24</b>

# I. Efficacité énergétique dans l'industrie : état des lieux et tendances

Présentations :

- **Transformation de l'industrie : tendances et progrès politiques** – Hugo Salamanca, analyste des politiques énergétiques, Agence internationale de l'énergie (AIE)
- **Efficacité énergétique dans l'industrie : bilan et perspectives** – Murielle Gagnebin, chargée de projet – politique énergétique France-Allemagne, Agora Energiewende

Toutes les présentations (en anglais) ainsi que la vidéo de la conférence (en français et en allemand) sont téléchargeables sur le [site Internet de l'OFATE](#).

## I.1. En Europe

La consommation mondiale d'énergie dans l'industrie a augmenté de plus de 150 % au cours des 25 dernières années, a expliqué Hugo Salamanca, de l'Agence internationale de l'énergie (AIE). D'après l'intervenant, cela est dû notamment à la consommation énergétique des industries chimique et sidérurgique, qui a doublé sur cette même période. La part du secteur industriel dans la consommation d'énergie globale atteint près de 40 %. Selon M. Salamanca, l'UE connaît une tendance inverse. En 2018, la consommation d'énergie dans l'industrie était inférieure de 20 % par rapport à l'année 1990 et ne représentait que 32 % de la consommation d'énergie globale, contre 40 % en 1990. **L'industrie chimique constitue le plus gros consommateur d'énergie dans le secteur industriel**, avec une part de 35 %.

**L'efficacité énergétique dans l'industrie européenne a fait l'objet d'une continuelle amélioration**, a poursuivi l'intervenant. Sans les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique engagées depuis l'an 2000, les émissions dans le secteur industriel auraient été plus importantes de 255 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> en 2018<sup>1</sup>. L'évolution de la consommation énergétique a en particulier été influencée par les trois facteurs suivants.

- **Activité** : croissance démographique, augmentation de la demande et du produit intérieur brut.
- **Structure** : en Europe, la part de l'industrie dans la consommation énergétique globale baisse continuellement, tandis que celle du secteur tertiaire, moins énergivore, ne cesse de croître. La production est essentiellement délocalisée vers des pays émergents, a encore expliqué M. Salamanca.
- **Efficacité technique** : le secteur industriel produit le même volume en consommant moins d'énergie.

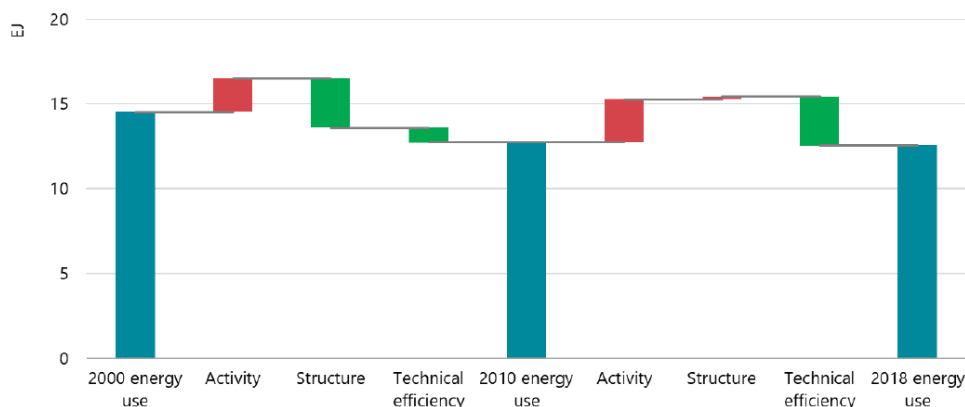


Figure 1 – Étude de la demande énergétique industrielle dans l'UE. Source : présentation Hugo Salamanca, AIE.

<sup>1</sup> En 2018, les émissions du secteur industriel européen s'élevaient à environ 400 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>.

Entre 2000 et 2018, la consommation énergétique de l'industrie a baissé, l'augmentation de l'activité étant compensée par des changements structurels et par l'efficacité technique. Par ailleurs, la figure 1 illustre clairement que **l'efficacité a joué un rôle décisif pour faire baisser la demande en énergie**.

### Influence de la pandémie de COVID-19 sur la consommation énergétique

D'après des estimations de l'AIE, la demande mondiale en énergie a baissé de 6 % en 2020<sup>2</sup>. Parallèlement, les émissions de CO<sub>2</sub> ont connu l'une des plus importantes baisses de ces dernières années. Puisqu'il ne s'agit pas d'un changement structurel, il faut s'attendre à une reprise de la consommation d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> après la crise. Par conséquent, **l'AIE recommande la mise en œuvre d'un plan durable de relance de l'économie**. L'agence a élaboré un plan de ce type, qui s'étend sur trois ans<sup>3</sup> et requiert des investissements annuels élevés à l'échelle planétaire. D'après M. Salamanca, **36 % des fonds investis devraient être consacrés à l'efficacité** (cf. figure 2).

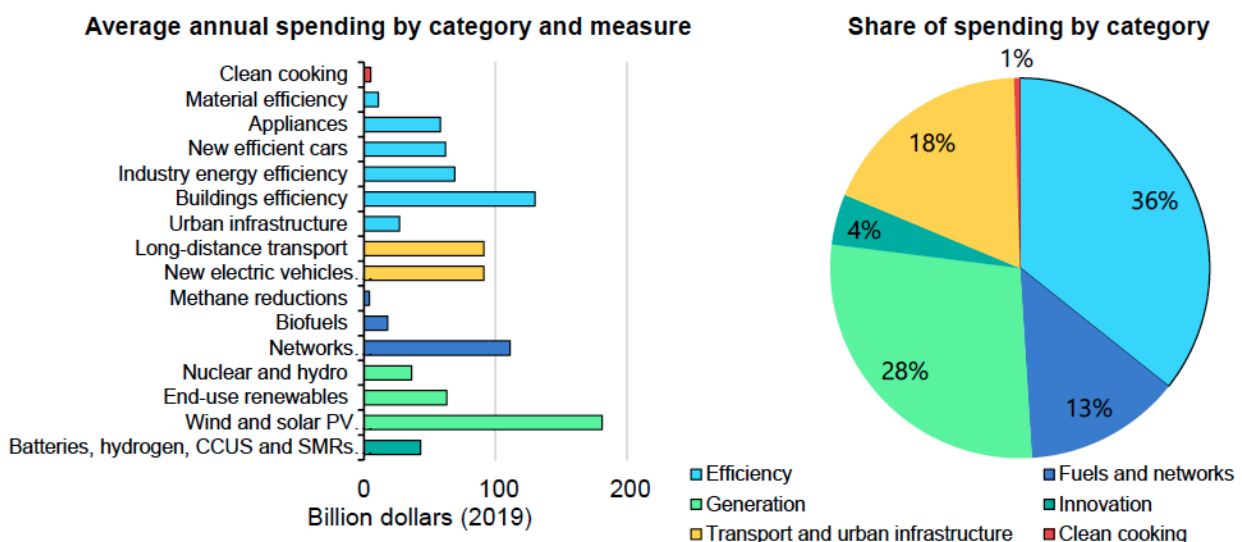


Figure 2 – Plan de relance durable de l'AIE. Source : présentation Hugo Salamanca, AIE.

M. Salamanca a également évoqué la question de l'**emploi**. Il est possible que la pandémie de Covid-19 entraîne la disparition de six millions d'emplois. Grâce au plan de relance durable de l'AIE, il devrait être possible de sauver ou de créer environ neuf millions d'emplois par an entre 2021 et 2023. La plupart de ces emplois seraient créés dans les domaines de l'efficacité et de la production d'énergie.

L'industrie nécessite un cadre réglementaire en matière d'efficacité énergétique, a affirmé l'intervenant. Le domaine de l'efficacité énergétique doit bénéficier d'incitations suffisantes, et un marché doit être mis en place. Aujourd'hui, certains sous-secteurs particulièrement énergivores, dans lesquels la consommation d'énergie entraîne des coûts d'exploitation très élevés, sont déjà fortement incités à investir dans des mesures d'efficacité. Les industries légères comme les secteurs du textile, des produits alimentaires et des boissons, mais également le secteur automobile présentent d'importants potentiels d'optimisation dans ce domaine. **D'après l'AIE, les industries légères concentrent 70 % du potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique d'ici à 2040.**

## 1.2. En France et en Allemagne

<sup>2</sup> Le recul de la demande énergétique est ainsi sept fois plus important que celui provoqué lors de la crise financière de 2009.

<sup>3</sup> AIE 2020, Sustainable Recovery ([lien](#), en anglais).

L'année dernière, le *think tank* Agora Energiewende a publié une étude sur les technologies clés et les options politiques pour atteindre une industrie climatiquement neutre. Cette étude a été réalisée en collaboration avec le Wuppertal Institut<sup>4</sup>. Les émissions du secteur industriel sont assez élevées, a expliqué Murielle Gagnebin : 19 % des émissions de CO<sub>2</sub> dans le monde proviennent de l'industrie. Si l'on tient compte de l'utilisation finale, cette part est encore plus élevée (36 %)<sup>5</sup>. **Deux tiers de ces émissions émanent de trois branches : la sidérurgie, le ciment et la chimie.**

En Allemagne, le secteur industriel est responsable de 22 % des émissions. Cela correspond à environ 200 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>. Deux tiers de ces émissions résultent de la production d'énergie et un tiers est dû aux processus de traitement industriels (cf. figure 3).

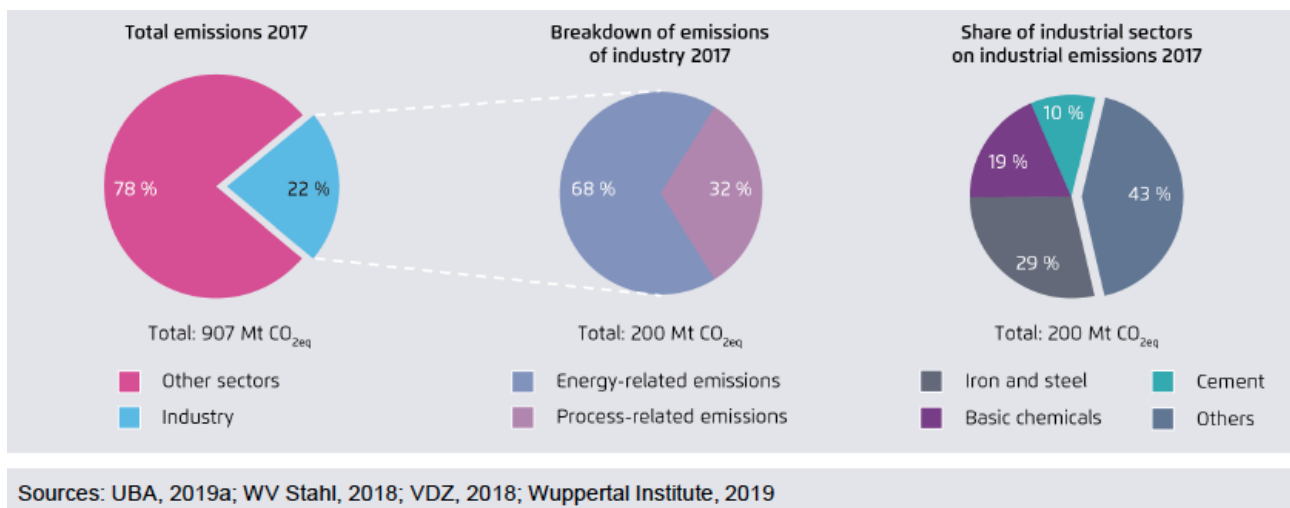


Figure 3 – Émissions du secteur industriel allemand en 2017. Source : présentation Murielle Gagnebin, Agora Energiewende.

En France, le secteur industriel est responsable d'environ 20 % des émissions, ce qui correspond à environ 80 millions de t de CO<sub>2</sub>.

**L'objectif de l'Allemagne est de réduire les émissions du secteur industriel de 51 % d'ici à 2030, par rapport à l'année 1990 (et de 95 % d'ici à 2050).** S'élevant à 284 millions de t de CO<sub>2</sub> en 1990, ces émissions doivent donc baisser jusqu'à atteindre 140 millions de t de CO<sub>2</sub> d'ici à 2030<sup>6</sup>. **Toutefois, le secteur industriel allemand est marqué par un niveau d'émissions relativement constant depuis l'an 2000**, qui stagne autour de 200 millions de t de CO<sub>2</sub> (cf. figure 4).

Dans le secteur industriel allemand, le niveau d'émissions n'a pas baissé depuis l'an 2000, il est resté relativement constant.

Murielle Gagnebin, Agora Energiewende

<sup>4</sup> Agora Energiewende 2019 (version 1.2 de 2020), *Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement* ([lien](#) vers le document, en allemand, [lien](#) pour le résumé, en anglais). L'intervenante signale que l'étude se trouve en cours d'actualisation. Le document devrait être disponible dans sa totalité, en anglais, fin 2020.

<sup>5</sup> Il existe plusieurs méthodes pour calculer la répartition des émissions : d'après Mme Gagnebin, lorsque les émissions du secteur de l'électricité et de la chaleur sont attribuées à la consommation finale, l'industrie est le secteur présentant les émissions de CO<sub>2</sub> les plus élevées.

<sup>6</sup> Loi fédérale sur la protection du climat 2019, p. 9 ([lien](#), en allemand).

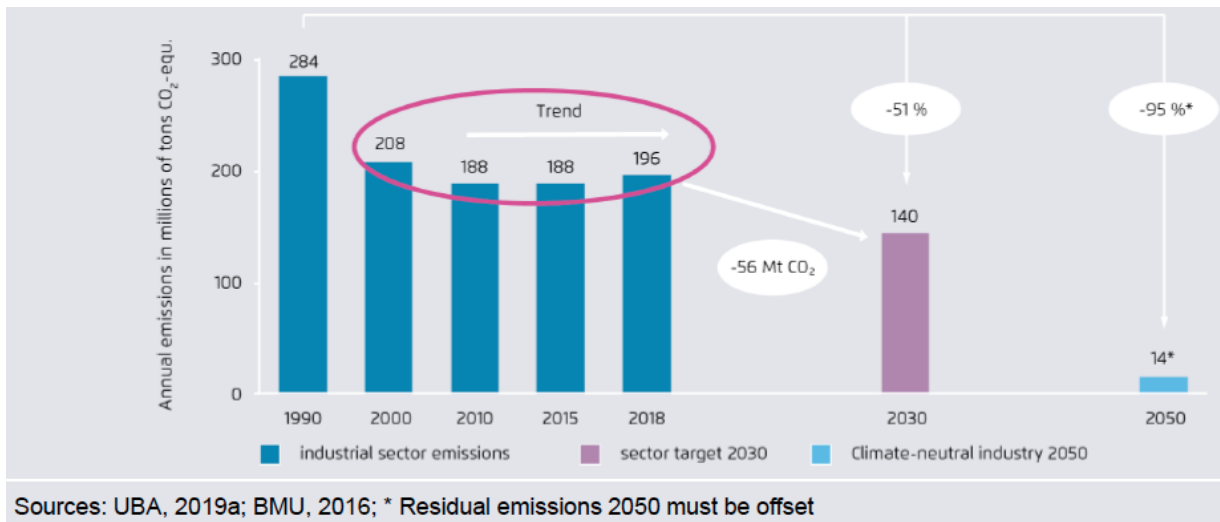


Figure 4 – Émissions dans le secteur industriel allemand depuis 1990, et objectifs pour 2030 et 2050.

Source : présentation Murielle Gagnebin, Agora Energiewende.

En France, par contre, les émissions du secteur industriel ont fortement baissé, a affirmé Mme Gagnebin. Cela serait notamment dû à la diminution de la production d'acier.

Agora Energiewende propose trois stratégies, devant être associées entre elles, pour atteindre la **neutralité climatique dans l'industrie à l'horizon 2050**.

1. **Utilisation** directe et indirecte<sup>7</sup> d'**électricité renouvelable**.
2. **Utilisation efficace des ressources et économie circulaire** : l'efficacité énergétique joue un rôle important à cet égard.
3. **Capture et recyclage du CO<sub>2</sub>** : captage et stockage du dioxyde de carbone (CCS), captage et utilisation du dioxyde de carbone (CCU) et recours accru à la biomasse.

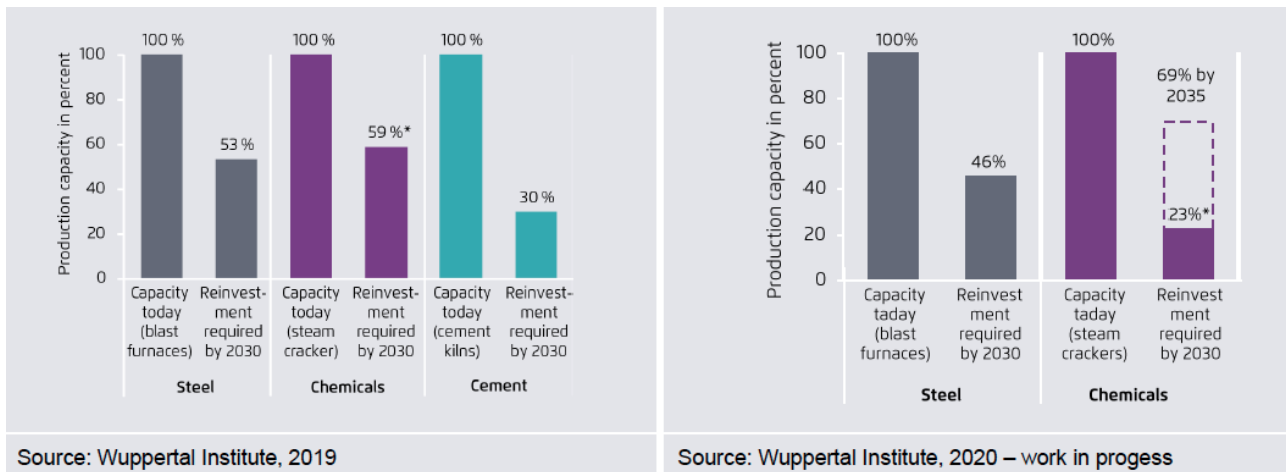
#### De nouveaux investissements requis dans l'industrie

Murielle Gagnebin a rappelé que les objectifs français et allemands étaient ambitieux et que, par conséquent, les **mesures en matière d'efficacité énergétique** n'étaient **pas suffisantes**. **De nouvelles technologies climatiquement neutres sont nécessaires**. Toutefois, il n'existe, à ce jour, que quelques technologies dont le niveau de maturité est suffisant et qui sont applicables à grande échelle. La plupart d'entre elles se trouvent encore en phase de test, a expliqué l'intervenante. Or des investissements devraient déjà être effectués aujourd'hui afin que ces technologies puissent être employées à l'avenir<sup>8</sup>.

En France comme en Allemagne, les besoins en réinvestissement dans les industries énergivores à l'horizon 2030, voire même 2035, sont très élevés (cf. figure 5).

<sup>7</sup> Utilisation indirecte d'électricité renouvelable par l'« hydrogène vert ».

<sup>8</sup> Agora Energiewende et le Wuppertal Institut ont élaboré des fiches d'informations sur 13 technologies clés sans émissions de CO<sub>2</sub> ou, du moins, à faibles émissions de CO<sub>2</sub>, pouvant éventuellement être utilisées dans les secteurs de l'acier, du ciment et de la chimie. Les informations comprises par ces fiches couvrent les coûts de réduction du CO<sub>2</sub>, les coûts supplémentaires spécifiques de chaque technologie et les projets pilotes en place. Voir Agora Energiewende 2019 (version 1.2 de 2020), Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement, p. 159 ([lien](#), en allemand).



\*En général, les vapo-craqueurs font l'objet d'un entretien et d'une modernisation continus, et ils ne doivent donc pas être remplacés entièrement d'un seul coup. Toutefois, les réinvestissements indiqués fournissent une idée générale en ce qui concerne la nécessité de moderniser les installations existantes.

**Figure 5** – Besoins en réinvestissements dans les industries allemande (à gauche) et française (à droite) d'ici à 2030.

Source : présentation Murielle Gagnebin, Agora Energiewende.

Puisque les installations ont une longue durée de vie (jusqu'à 40 ans pour les infrastructures sidérurgiques et environ 30 ans pour celles de l'industrie chimique), et que les nouvelles installations existeront par conséquent encore en 2050, les nouveaux investissements doivent être climatiquement neutres. Cependant, les coûts d'investissements sont très élevés, et de nombreuses technologies ne sont pas encore rentables. Pour que ces investissements soient plus intéressants, Agora Energiewende propose un éventail de mesures, comme par exemple les quotas pour l'hydrogène vert ou le contrat de différence (*Carbon Contract for Difference, CfD*<sup>9</sup>).

D'après M. Salamanca, il est crucial de ne pas manquer le créneau pour effectuer de nouveaux investissements dans les installations – en particulier dans les pays émergents, où la plupart des installations sont beaucoup plus récentes. Toutefois, l'AIE considère que, pour **60 % des technologies neutres en carbone, le niveau de maturité ne sera pas atteint suffisamment rapidement**. Autrement dit, cela signifie qu'il faudra avoir recours à des prototypes pour atteindre l'objectif de la neutralité en carbone d'ici à 2050<sup>10</sup>.

Outre les technologies innovantes, l'efficacité énergétique doit également être optimisée, a appuyé M. Salamanca. La durée de vie des produits doit être améliorée et la demande en matériaux produisant une grande quantité de CO<sub>2</sub> doit diminuer (efficacité énergétique des matériaux). M. Salamanca a cité l'exemple de la construction, où le ciment et l'acier sont responsables d'importantes émissions de CO<sub>2</sub>.

<sup>9</sup> Le CfD permet aux entreprises d'investir dans des technologies clés à faibles émissions et de ne pas être dépendantes de l'évolution du prix du CO<sub>2</sub> : en effet, l'État fixe un prix du CO<sub>2</sub> sur la base de contrats associés aux projets respectifs et paie ce prix à l'entreprise pour le volume de gaz à effet de serre non émis. Pour plus d'explications, voir Agora Energiewende 2019 (version 1.2 de 2020), Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement, p. 110 ([lien](#), en allemand).

<sup>10</sup> AIE 2020, Energy Technology Perspectives ([lien](#), en anglais).





## II. Objectifs et cadre réglementaire pour l'efficacité énergétique dans l'industrie

Présentations :

- **Objectifs et cadre réglementaire pour l'efficacité énergétique dans l'industrie en France** – Laurent Cadiou, chargé de mission, ministère de la Transition écologique (MTE)
- **Objectifs et cadre réglementaire pour l'efficacité énergétique dans l'industrie en Allemagne** – Harmut Versen, chef du bureau Efficacité et chaleur dans l'industrie, ministère fédéral de l'Économie et de l'Énergie (BMWi)

Toutes les présentations (en anglais) ainsi que la vidéo de la conférence (en français et en allemand) sont téléchargeables sur le [site Internet de l'OFATE](#).

### II.1. En France

#### Stratégie nationale bas carbone (SNBC)

La France a élaboré une stratégie nationale de décarbonation<sup>11</sup> afin d'atteindre la neutralité climatique d'ici à 2050. **Son objectif est de réduire les émissions du secteur industriel de 35 % d'ici à 2030, par rapport à l'année 2015 (et de 81 % d'ici à 2050)**. Ces objectifs doivent notamment être atteints par :

- une amélioration de l'efficacité énergétique, afin de faire baisser la consommation globale,
- une électrification plus importante des processus industriels,
- une réduction des émissions industrielles non énergétiques par l'amélioration des processus existants et par l'introduction de nouvelles technologies,
- le recyclage.

#### Les certificats d'économie d'énergie (CEE)

Introduits en 2005, les certificats d'économie d'énergie ou « certificats blancs » doivent contribuer à réaliser des économies d'énergie dans différents secteurs, dont l'industrie. Avec ce mécanisme, les fournisseurs d'énergie sont tenus de réaliser des économies d'énergie à hauteur d'un volume déterminé et sur une période définie. Ces économies sont réalisées via le financement ou la mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique (utilisation de chaleur fatale dans le secteur industriel, par exemple). En contrepartie, les fournisseurs d'énergie se voient remettre des certificats d'économie d'énergie attestant qu'ils se sont conformés à leur obligation. Le ministère français de la Transition écologique (MTE) définit les quantités d'économies d'énergie à réaliser et les mesures admises.

L'unité de grandeur pour les économies visées est le kWh<sub>cumac</sub><sup>12</sup>. La quantité économisée en kWh<sub>cumac</sub> après l'installation d'un appareil correspond à la somme des économies d'énergie réalisées annuellement sur l'ensemble de la durée de vie d'une installation, et ce, avec un taux d'actualisation de 4 %, a expliqué Laurent Cadiou, chargé de mission auprès du MTE. Ainsi, un certificat d'économie d'énergie correspond à un kWh<sub>cumac</sub> d'énergie finale<sup>13</sup>. Entre 2015 et 2018, 23 % des certificats d'économie d'énergie ont été délivrés pour le secteur industriel.

Par ailleurs, il est possible de soutenir financièrement des programmes de formation, d'information et d'innovation pour obtenir ces certificats d'économie d'énergie, a poursuivi M. Cadiou, avant d'évoquer deux exemples.

---

<sup>11</sup> MTE 2020, Stratégie nationale bas-carbone ([lien](#) vers le document).

<sup>12</sup> Le terme « cumac » est la contraction des termes « cumulé » et « actualisé ».

<sup>13</sup> Pour des informations supplémentaires, voir la note de synthèse de l'OFATE de 2017 sur les certificats d'économie d'énergie ([lien](#) vers le document).



- Le programme [PROREFEI](#) : la formation de référents énergie dans des entreprises du secteur industriel.
- Le programme [INVEEST](#) : la formation d'experts dans le domaine du financement de projets d'efficacité énergétique (cf. également la section V.3.).

### Le Fonds Chaleur

Introduit en 2009, le Fonds Chaleur est géré par l'Agence de la transition écologique (ADEME). Il a pour but de promouvoir les investissements dans la production de chaleur renouvelable et de récupération de chaleur, entre autres, dans l'industrie. Il existe par exemple des programmes de soutien pour l'utilisation de biomasse, pour la récupération de chaleur, et pour des projets photovoltaïques et géothermiques<sup>14</sup>.

### Plan « France relance »

Présenté le 3 septembre et contenant une enveloppe de 100 milliards d'euros, le plan de relance économique de la France doit permettre à l'économie de retrouver son niveau « pré-Covid-19 » tout en respectant le climat. 30 milliards d'euros sont destinés au pilier « écologie et transition énergétique<sup>15</sup> ». La **décarbonation de l'industrie est un aspect important du plan**. Ainsi, **1,2 milliard d'euros** doivent contribuer à l'amélioration de l'efficacité énergétique et l'adaptation des processus industriels<sup>16</sup>. Les éléments suivants ont fait l'objet d'une nouvelle décision pour l'année en cours.

- Des aides à l'investissement pour l'**amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie** : il y a déjà eu un premier appel à projets dont les coûts d'investissement sont supérieurs à trois millions d'euros (jusqu'à la mi-octobre).
- Des aides à l'investissement pour le **développement de processus industriels** : un appel à manifestation d'intérêt pour des projets de développement de processus (électrification de processus, nouvelles applications pour les matériaux, etc.) a été publié, en préparation d'un appel à projets en 2021 (jusqu'à la mi-novembre).
- Des aides à l'investissement pour la **production de chaleur à partir de biomasse** : un appel à projets a été lancé en vue de promouvoir la chaleur à faibles émissions de carbone (jusqu'à la mi-octobre).

La décarbonation est également soutenue par le biais du développement de l'hydrogène vert. Au total, sept milliards d'euros seront consacrés à ce domaine d'ici à 2030.

## II.2. En Allemagne

L'objectif de la neutralité carbone pour l'horizon 2050 a été ancré dans la loi sur la protection du climat (*Klimaschutzgesetz*). Lors de son intervention, Harmut Versen, chef de bureau auprès du ministère fédéral de l'Économie et de l'Énergie (*Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*, BMWi) a expliqué comment cet objectif se traduit en matière d'efficacité énergétique. Il a souligné qu'il n'était pas possible de simplement remplacer la part des énergies fossiles par des énergies renouvelables, mais qu'il fallait également faire des **économies massives d'énergie finale dans tous les secteurs** (une réduction de l'énergie primaire de -30 % d'ici à 2030 et de -50 % d'ici à 2050, par rapport à 2008). Pour la première fois, avec la loi sur la protection du climat, un objectif de réduction des émissions a été fixé pour chaque secteur (cf. figure 4 pour les objectifs du secteur industriel).

D'après les résultats d'une enquête<sup>17</sup>, la pandémie de Covid-19 n'aurait pas d'impact sur la capacité des entreprises à investir dans des mesures d'efficacité : près de 70 % des entreprises ont affirmé, que la pandémie n'avait aucune

---

<sup>14</sup> ADEME 2020, Le Fonds Chaleur en bref ([lien](#) vers le document).

<sup>15</sup> Gouvernement français 2020, France relance ([lien](#) vers le document).

<sup>16</sup> Ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance 2020, Plan de relance ([lien](#) vers le document).

<sup>17</sup> Cette enquête a été adressée à plus de 800 entreprises industrielles.

influence sur ces investissements, a souligné M. Versen. 20 % des entreprises interrogées ont même développé de telles mesures.

Le programme de protection du climat allemand s'étend à tous les secteurs. Dans le secteur industriel, c'est tout particulièrement le domaine de l'efficacité énergétique qui bénéficie des investissements<sup>18</sup>. Dans ce contexte, l'intervenant a évoqué l'utilisation de la chaleur fatale. Les **potentiels de réduction des émissions par l'utilisation de chaleur fatale industrielle** sont **très élevés et peuvent être mis en œuvre relativement vite. En parallèle du** recours aux technologies transversales ou de l'optimisation des processus.

Afin d'atteindre les objectifs fixés, le gouvernement fédéral évalue chaque année les progrès réalisés dans tous les secteurs, en s'appuyant sur un comité d'experts externe. Si un secteur n'a pas atteint ses objectifs, un réajustement doit être effectué, le cas échéant par l'adaptation du budget qui lui est alloué<sup>19</sup>.

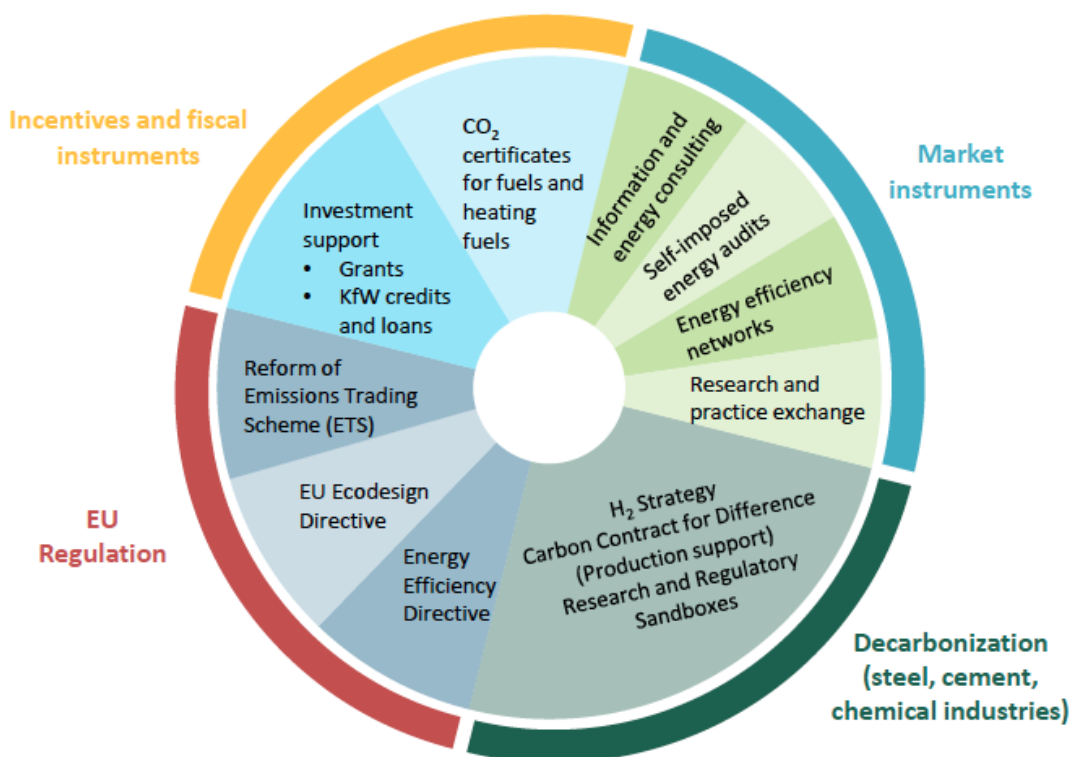


Figure 6 – Panorama des instruments les plus importants. Source : présentation Harmut Versen, BMWi.

D'après M. Versen, **contrairement à la France, qui s'appuie sur la réglementation, l'Allemagne privilégie les incitations, les mesures fiscales et les instruments de marchés** (cf. figure 6). Dans le domaine des instruments de marchés, il y a par exemple le modèle des « *energy efficiency networks* », a expliqué l'intervenant : un groupe de 8 à 15 entreprises s'associent, définissent des objectifs d'efficacité énergétique communs et les mettent en œuvre. En moyenne, ces entreprises ont un taux d'efficacité deux fois plus élevé que celui d'autres entreprises. Dans le domaine des incitations et des mesures fiscales, il faut mentionner, entre autres, les certificats de CO<sub>2</sub> pour les carburants et les combustibles<sup>20</sup>. Dans ce système, des certificats sont vendus à des entreprises qui mettent en

<sup>18</sup> Ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sécurité nucléaire (BMU) 2019, Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, p. 86 et suiv. ([lien](#), en allemand).

<sup>19</sup> BMU 2019, Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, p. 17 ([lien](#), en allemand).



circulation des combustibles et des carburants. M. Versen gère les aides à l'investissement par des prêts de la Banque fédérale d'investissement (KfW, cf. la section III.2.), par exemple, ou par des subventions.

Enfin, l'intervenant a mentionné le domaine spécifique de l'industrie énergivore (sidérurgie, ciment et chimie), constituant la plus grosse part de la consommation dans le secteur industriel. Dans ce domaine, la stratégie de l'hydrogène<sup>21</sup> joue un rôle important, de même que, par exemple, des subventions sous la forme de contrats de différence devant être mis à l'essai (*Carbon Contract for Difference* – pour la définition de ce concept, cf. la note 9)<sup>22</sup>.

D'après M. Versen, à l'aide de sa stratégie d'efficacité énergétique, l'Allemagne peut tout à fait atteindre les objectifs fixés pour l'horizon 2030. **À long terme, toutefois, une transformation profonde est nécessaire**, notamment dans le domaine de l'industrie énergivore. À cette fin, des investissements dans de nouvelles technologies sont requis. De plus, une transition vers une économie circulaire est nécessaire. À l'heure actuelle, la question de l'hydrogène vert est au premier plan des efforts de développement dans les industries chimique et sidérurgique<sup>23</sup>. Sur le long terme, en ce qui concerne les émissions liées aux processus, M. Versen n'exclut pas un recours à la solution de captage et de stockage du dioxyde de carbone (*Carbon Capture and Storage, CCS*), qui sera peut-être inévitable pour atteindre une réduction des émissions de 95 %.

### III. Programmes de soutien pour l'efficacité énergétique dans l'industrie

Présentations :

- **Économies réalisables grâce aux programmes de soutien à l'efficacité énergétique en France** – Benoît Calatayud, responsable transition énergétique, Bpifrance
- **Les programmes de soutien à l'efficacité énergétique dans l'industrie de la banque fédérale d'investissements en Allemagne** – Bettina Dorendorf, chargée du financement durable, Banque fédérale d'investissements (KfW)

Toutes les présentations (en anglais) ainsi que la vidéo de la conférence (en français et en allemand) sont téléchargeables sur le [site Internet de l'OFATE](#).

#### III.1. En France

Benoît Calatayud (Bpifrance) a expliqué que, en France, les entreprises énergivores ne représentaient qu'environ 3 % des entreprises de plus de 20 employé(e)s, mais qu'elles étaient toutefois responsables d'environ 70 % de la consommation d'énergie dans le secteur industriel. **L'efficacité énergétique** n'est pas seulement essentielle pour atteindre les objectifs climatiques, mais elle est également un **moyen permettant d'améliorer la compétitivité** des entreprises. Toujours plus restrictif, le cadre réglementaire pousse celles-ci à agir, a déclaré l'intervenant.

L'efficacité énergétique n'est pas seulement essentielle pour atteindre les objectifs climatiques : elle est également un moyen d'améliorer la compétitivité des entreprises.

Benoît Calatayud, Bpifrance

<sup>20</sup> Le système national d'échanges des quotas d'émissions fait partie du programme de protection du climat et débutera en janvier 2021, avec un prix s'élevant à 25 €.

<sup>21</sup> BMWi 2020, Die Nationale Wasserstoffstrategie ([lien](#), en allemand, et [lien](#), en anglais).

<sup>22</sup> BMU 2019, Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, p. 91 et suiv. ([lien](#), en allemand).

<sup>23</sup> Mise en place d'une production d'hydrogène nationale : construction d'installations de production avec une puissance totale de 5 GW d'ici à 2030 (correspondant à une production d'hydrogène vert atteignant 14 TWh). Source : BMWi 2020, Die Nationale Wasserstoffstrategie ([lien](#), en allemand, et [lien](#), en anglais).

L'objectif de la neutralité climatique concerne l'ensemble de la chaîne de création de valeur, de l'utilisation d'énergie jusqu'au recyclage des matériaux.

Selon M. Calatayud, la neutralité climatique dans l'industrie joue un rôle primordial pour le plan de relance français. Deux domaines prioritaires se voient attribuer 1,2 milliard d'euros (cf. également la section II.1.) :

1. Les investissements dans les processus industriels qui émettent moins de CO<sub>2</sub> (CAPEX).
2. La compensation des coûts supplémentaires entraînés par l'énergie sans carbone, comparativement au recours aux carburants fossiles (soutien à l'utilisation d'hydrogène produit sans émissions de CO<sub>2</sub>, par exemple).

Cette année, plusieurs appels ont déjà été lancés :

- un appel pour le dépôt de propositions de projets pour l'amélioration de l'efficacité énergétique,
- un appel à manifestation d'intérêt pour le développement de processus industriels,
- un appel pour le dépôt de projets pour le soutien de chaleur à faibles émissions de carbone.

L'année prochaine, d'autres appels seront lancés pour le dépôt de projets (investissements dans l'efficacité énergétique et dans la transformation de processus pour réduire les émissions ; soutien aux applications de chaleur à faibles émissions de carbone).

À titre d'exemple, ces appels pourraient permettre de réaliser les projets suivants :

- conversion d'une ancienne chaudière à charbon pour la production de chaleur en une installation de biomasse neutre en carbone et ayant un meilleur rendement énergétique (les économies potentielles se chiffrent en dizaines de milliers de tonnes de CO<sub>2</sub>/an),
- remplacement de chauffages industriels par des installations à meilleur rendement énergétique (les économies potentielles se chiffrent ici à environ 3 000 t de CO<sub>2</sub>/an),
- installation de pompes à chaleur pour les processus industriels.

M. Calatayud a déclaré que Bpifrance était la **banque climatique pour les entreprises françaises**. Ses activités prioritaires sont :

- **le suivi d'entreprises** lors de leur transition vers une économie neutre en CO<sub>2</sub>,
- **la multiplication par deux des investissements** d'ici à 2024 (pour atteindre 3 à 4 milliards d'euros),
- **les investissements dans les technologies vertes** pour la transition énergétique.

## III.2. En Allemagne

Bettina Dorendorf a présenté le fonctionnement de la Banque fédérale d'investissements (KfW) ainsi que ses programmes de soutien dans le domaine de l'efficacité énergétique.

### Le fonctionnement de la KfW et le principe de l'octroi de crédits indirects

La banque d'investissements de droit public KfW a deux missions principales : soutenir l'économie allemande et promouvoir la coopération internationale. Cet établissement financier appartient à hauteur de 80 % à la République fédérale allemande et de 20 % aux Länder. En 2019, le volume de financement accordé par l'institution s'est élevé à 77,3 milliards d'euros. La KfW ne délivre pas ses produits financiers directement aux particuliers : ses programmes de soutien suivent le **principe de la « banque de proximité »** (*Hausbankprinzip*), sous la forme de financements indirects via les banques commerciales privées et publiques. Ce financement indirect présente plusieurs avantages : la KfW

n'entre pas en concurrence avec les autres établissements financiers ; les établissements financiers ne doivent pas se refinancer eux-mêmes pour les crédits de la KfW ; enfin, le risque lié au crédit est moindre.

### Les programmes de soutien

La KfW travaille avec un système d'intérêts adapté aux risques : les taux d'intérêt dépendent notamment de la solvabilité individuelle. Les risques sont évalués selon une classification allant de A (taux d'intérêt de 1,03 %) à I (taux d'intérêt de 7,64 %).

En 2019, ce sont ainsi près de huit milliards d'euros qui ont été accordés pour soutenir l'efficacité énergétique. La KfW possède un portefeuille étendu de programmes de financement, dont certains ciblent les mesures écologiques et climatiques (cf. figure 7). Lors de son intervention, Mme Dorendorf a présenté un échantillon de ces programmes.

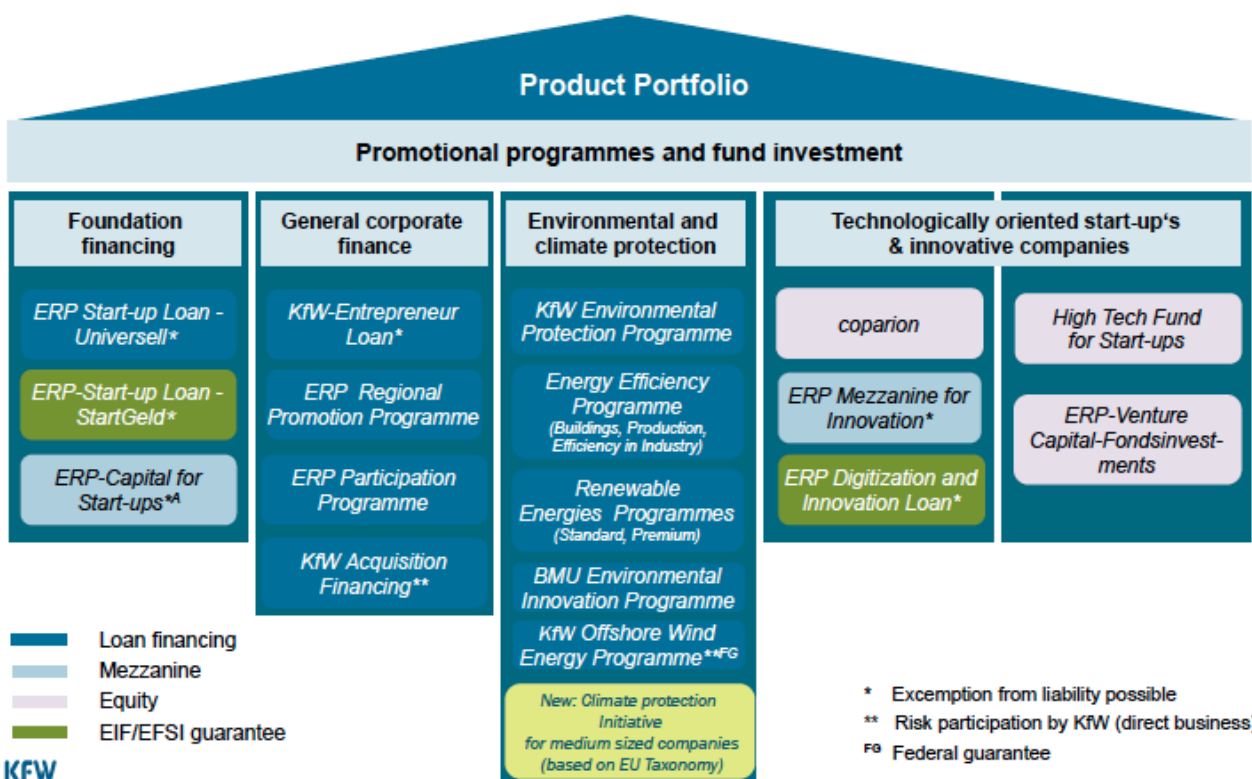


Figure 7 – Le portefeuille de produits de la KfW (état : juillet 2020). Source : présentation Bettina Dorendorf, KfW.

### 1. Efficacité énergétique dans l'économie

Objectif : réduction des coûts liés à l'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> par le recours à des technologies à haut rendement.

Contenu : le soutien est accordé par le biais d'un crédit subventionné. Le montant du crédit peut s'élever à 25 millions d'euros, pour une durée allant jusqu'à 20 ans. Une période sans remboursement allant jusqu'à trois ans est possible. Le programme de soutien se compose de quatre modules.

- Technologies transversales : financement de pompes à des fins industrielles et commerciales, d'installations de ventilation et d'échangeurs de chaleur (entre autres).
- Chaleur industrielle à partir d'énergies renouvelables : financement de systèmes de collecteurs solaires, de centrales à biomasse et de pompes à chaleur.
- Systèmes de mesure et de commande, technique de capteurs et logiciels de gestion énergétique.

- Optimisation énergétique de systèmes et de processus : à cette fin, un concept d'économie d'énergie doit être présenté.

Élément principal du soutien : réduction du montant à rembourser pouvant atteindre 55 % du crédit.

## 2. Installations et processus de production

Objectif : financement, par emprunt, de mesures d'efficacité énergétique pour les entreprises industrielles qui font de nouvelles acquisitions ou qui engagent des mesures de modernisation.

Contenu : le montant du crédit peut s'élever à 25 millions d'euros avec une durée allant jusqu'à 20 ans. Pour les nouvelles acquisitions, une baisse de la consommation d'énergie de 10 % (par rapport à la moyenne de la branche) doit être engendrée. Pour les mesures de modernisation, une baisse de la consommation d'énergie de 10 % (par rapport à la consommation moyenne des trois dernières années) doit être réalisée. Il est recommandé de s'appuyer sur les conseils d'un expert en énergie.

## 3. Efficacité énergétique dans la construction et la réhabilitation de bâtiments

Élément principal du soutien : ici aussi, l'élément principal du programme de soutien est la réduction du montant du crédit à rembourser. Pour les constructions nouvelles, cette subvention peut s'élever à 5 % ; dans le cas de rénovations importantes, elle peut atteindre jusqu'à 27,5 % du montant du crédit. Les mesures individuelles peuvent également bénéficier d'un soutien (un nouveau chauffage ou une nouvelle isolation, entre autres).

# IV. Focus sur les industries énergivores : l'industrie chimique et l'industrie papetière

Présentations :

- **L'efficacité énergétique dans l'industrie chimique en Allemagne** – Jörg Rothermel, chef du service Énergie, protection du climat et matières premières, Association allemande de l'industrie chimique (VCI)
- **L'efficacité énergétique dans l'industrie papetière en France** – Olivier Riu, responsable Énergie, Copacel

Toutes les présentations (en anglais) ainsi que la vidéo de la conférence (en français et en allemand) sont téléchargeables sur le [site Internet de l'OFATE](#).

## IV.1. L'industrie chimique

En 2018, le secteur industriel représentait 29,5 % de la consommation finale d'énergie en Allemagne, a déclaré Jörg Rothermel, de l'association allemande de l'industrie chimique (*Verband der chemischen Industrie*, VCI). Seule la demande dans le secteur du transport, s'élevant à 30,1 %, était légèrement supérieure. **L'industrie chimique a les plus gros besoins énergétiques du secteur industriel allemand (8 % de la demande énergétique totale en Allemagne).**

Si l'on considère uniquement la demande en électricité, la part du secteur industriel est encore plus importante : en Allemagne, le secteur minier et l'industrie représentent un tiers de la demande

C'est l'industrie chimique qui a les plus gros besoins énergétiques du secteur industriel allemand.

Jörg Rothermel, VCI



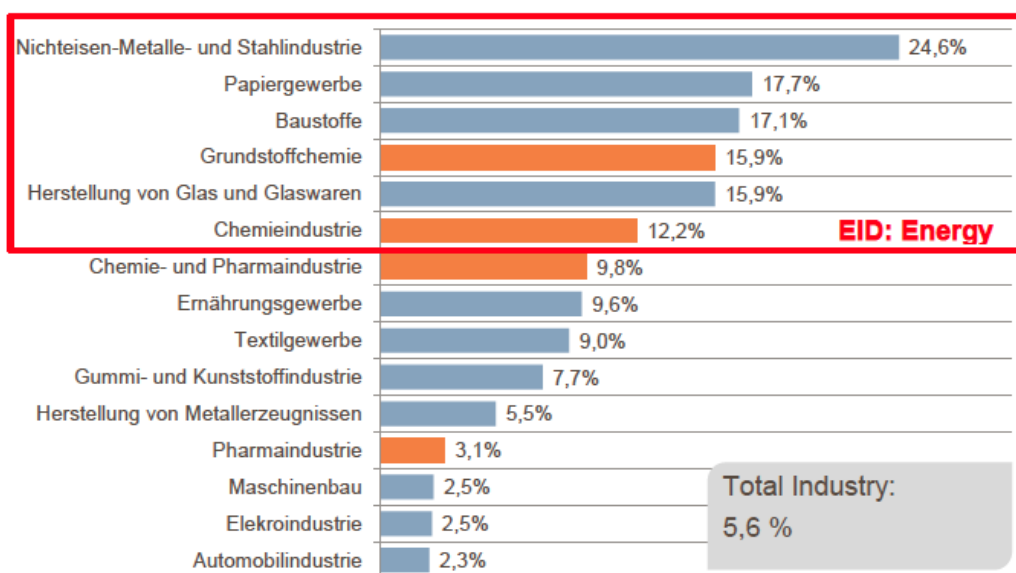
en électricité. À cela s'ajoute les industries chimique et pharmaceutique, qui constitue plus de 10 % de la demande totale en électricité<sup>24</sup>.

Dans l'industrie chimique, les sources d'énergie les plus importantes sont le gaz naturel (15 % de la demande totale en gaz naturel) et l'électricité (10 % de la demande totale en électricité). Selon M. Rothermel, le pétrole et le charbon jouent un rôle de moins en moins important.

L'industrie chimique a pour particularité que les combustibles ne sont pas uniquement utilisés pour couvrir les besoins énergétiques, mais aussi comme matières premières. L'industrie chimique consomme notamment des dérivés du pétrole et du gaz naturel.

Les coûts absolus sont extrêmement élevés dans l'industrie chimique, a expliqué l'intervenant<sup>25</sup>. Par conséquent, il existe un réel intérêt à améliorer l'efficacité énergétique de ce secteur, pour réduire les coûts. Par conséquent, ce secteur manifeste un très grand intérêt pour l'optimisation intensive de l'efficacité énergétique en vue de réduire les coûts.

La part des coûts énergétiques de l'industrie chimique de base atteint presque 16 % par rapport à la création de valeur brute (cf. figure 8). La part des coûts de l'énergie pour l'ensemble du secteur chimique s'élève à 12 %. Au regard de ces chiffres, l'industrie chimique une **industrie énergivore (EID)**.



\*Uniquement utilisation énergétique EID = industries énergivores

**Figure 8** – Coûts de l'énergie par rapport à la création de valeur brute (2017). Source : présentation, Jörg Rothermel, VCI.

Nichteisen-Metalle und Stahlindustrie	Métaux non ferreux et sidérurgie
Papiergewerbe	Industrie papetière
Baustoffe	Matériaux de construction
Grundstoffchemie	Produits chimiques de base
Herstellung von Glas und Glaswaren	Fabrication de verre et de produits en verre
Chemieindustrie	Industrie chimique
Chemie- und Pharmaindustrie	Industries chimique et pharmaceutique

<sup>24</sup> Demande en électricité totale en Allemagne en 2018 : 513 TWh (secteur minier et industrie : 173 TWh, industrie chimique et pharmaceutique : 54 TWh, transport : 12 TWh, etc.).

<sup>25</sup> Gaz naturel : environ 3,5 milliards d'euros, électricité : environ 5 milliards d'euros, matières premières : de 7 à 8 milliards d'euros.





Ernährungsgewerbe	Industrie alimentaire
Textilgewerbe	Industrie textile
Gummi- und Kunststoffindustrie	Industrie du caoutchouc et des matières plastiques
Herstellung von Metallerzeugnissen	Fabrication de produits métallurgiques
Pharmaindustrie	Industrie pharmaceutique
Maschinenbau	Construction de machines
Elektroindustrie	Industrie électrique
Automobilindustrie	Industrie automobile

**Entre 1990 et 2018, la production dans l'industrie chimique a augmenté de 76 %**, a déclaré M. Rothermel. Parallèlement, la **consommation d'énergie absolue** a été **réduite de 17 %** et, avec elle, les émissions de gaz à effet de serre (-51 % avec le protoxyde d'azote).

#### Mesures ayant entraîné une amélioration de l'efficacité énergétique

- Remplacement des combustibles (du charbon par le gaz naturel) pour la production de chaleur et de l'électricité.
- Recours accru à la cogénération.
- Optimisation des processus de production.
- Gestion de la chaleur optimisée sur des sites liés entre eux : utilisation de chaleur fatale pour les processus.

#### Perspectives futures pour l'industrie chimique

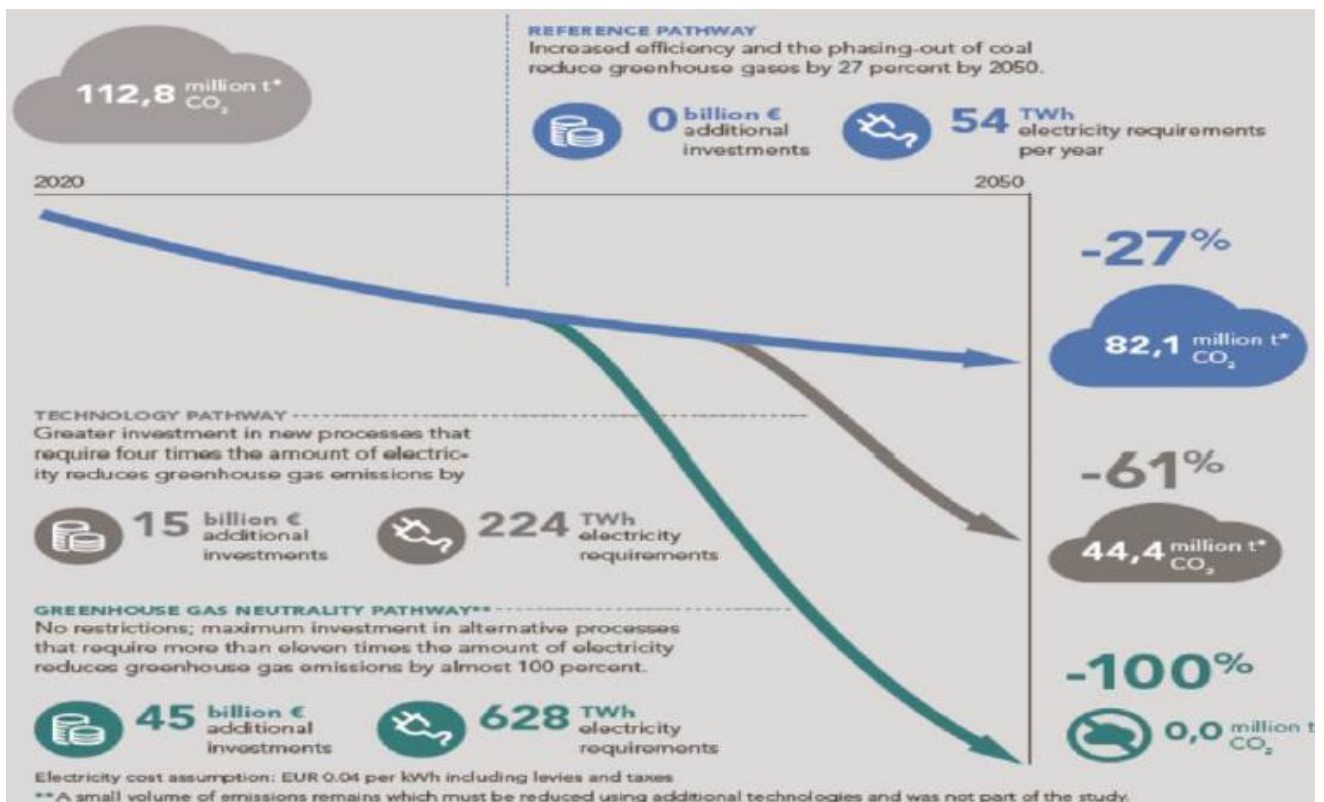
D'ici à 2050, l'industrie chimique doit devenir neutre en carbone. Une feuille de route<sup>26</sup> a été établie pour la VCI, analysant, entre autres, la faisabilité réelle de cet objectif. Trois scénarios ont été détaillés :

1. **Scénario de référence** : poursuite des mesures déjà mises en œuvre (amélioration de l'efficacité énergétique, passage d'une électricité fossile à une électricité renouvelable).  
→ Baisse des émissions supplémentaire possible à hauteur de 27 % (courbe bleue, cf. figure 9).
2. **Scénario technologique** : investissements dans de nouvelles technologies de processus (15 milliards d'euros). Il subsiste des émissions de GES, qui proviennent de l'utilisation des ressources fossiles comme matières premières et pour les processus de combustion (en partie remplaçables par des sources alternatives).  
→ Baisse des émissions supplémentaire possible à hauteur de 61 % (courbe grise).
3. **Scénario de neutralité GES** : investissements précoces dans des technologies qui ne sont peut-être pas encore rentables (45 milliards d'euros). Augmentation très importante des besoins en électricité (628 TWh<sup>27</sup>).  
→ Neutralité climatique (courbe verte).

---

<sup>26</sup> DECHEMA et FutureCamp 2019, Roadmap Chemie 2050: Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland ([lien](#) vers le document, en allemand, [lien](#) pour le résumé, en anglais).

<sup>27</sup> À titre de comparaison, en 2018, la consommation d'électricité des industries chimique et pharmaceutique s'élevait à 54 TWh, et la consommation d'électricité totale en Allemagne à 513 TWh (chiffres de l'Office fédéral de l'environnement). D'après cette feuille de route, les besoins en électricité se répartissent comme suit : 534 TWh pour l'électrolyse et le procédé Fischer-Tropsch pour le naphte, 5 TWh pour le recyclage chimique et 70 TWh pour le craquage électrique pour la production de produits chimiques de valeur élevée (HVC) à partir du naphte.



\*Hypothèse : prix de l'électricité s'élevant à 4 c€/kWh

**Figure 9** – Émissions de gaz à effet de serre provenant des processus, des besoins énergétiques et des produits.

Source : présentation, Jörg Rothermel, VCI.

Le recyclage du carbone joue un rôle crucial pour atteindre la neutralité climatique, a expliqué M. Rothermel. Le carbone ne doit pas être libéré dans l'atmosphère, mais utilisé pour la fabrication de nouveaux produits. Par ailleurs, les processus doivent être électrifiés et l'électricité employée doit être renouvelable, a conclu l'intervenant.

## IV.2. L'industrie papetière

Copacel est l'union française de l'industrie papetière. Dans son introduction, Olivier Riu a détaillé la fabrication du papier. Il existe deux procédés pour fabriquer du papier et du carton (ces procédés peuvent être combinés) :

- à partir de fibres de bois,
- à partir de papier recyclé (en France, environ 70 % du papier est recyclé).

Une solution est préparée à base de fibres de bois ou de papier. Le papier ainsi fabriqué est ensuite séché. Ces différentes étapes nécessitent une quantité assez importante d'énergie, a indiqué l'intervenant. De l'électricité est consommée lors du défilage du bois, entre autres. De plus, de la chaleur est nécessaire pour la cuisson du bois et le séchage du papier. La **consommation d'énergie** totale représente **entre 15 % et 30 % des coûts d'exploitation**.

La consommation de chaleur s'élève à environ 19 TWh, et la consommation d'électricité à environ 6,4 TWh. D'après M. Riu, les industries de la cellulose et du papier sont largement décarbonées : en effet, la **chaleur est principalement produite à partir de biomasse** (62 %). Le reste des besoins en chaleur sont couverts par le gaz naturel (36 %) ou par le fuel (2 %). L'industrie papetière génère elle-même une partie de l'électricité (à hauteur de 1,4 TWh), qui est ensuite autoconsommée ou injectée dans le réseau. **Comme la majeure partie de l'électricité est achetée sur les marchés de**



**gros, cette industrie dépend fortement du prix de l'énergie.** Par conséquent, dans ce secteur, on a continuellement travaillé à optimiser l'efficacité des processus.

#### L'efficacité énergétique dans l'industrie papetière

- Recours à la cogénération :
  - production d'électricité et de chaleur pour couvrir les besoins directement sur le site de fabrication du papier,
  - réduction de la consommation d'énergie primaire d'environ 10 %, grâce à la production simultanée d'électricité et de chaleur,
  - deux types de cogénération : soit avec du gaz naturel soit avec de la biomasse (la biomasse a l'avantage de bénéficier d'un soutien par le biais d'appels d'offres),
  - depuis 2003 : développement de 16 installations de biomasse en cogénération (dont 12 sont en service).
- En France, les industries énergivores doivent présenter un **plan de performance énergétique** qui est révisé chaque année. Ce plan définit, entre autres, des objectifs quinquennaux pour l'efficacité énergétique. D'après M. Riu, au cours des cinq dernières années, **l'efficacité énergétique dans l'industrie papetière a augmenté en moyenne de 3 à 5 %** (grâce aux améliorations des processus, à des moteurs plus performants et à l'utilisation de chaleur fatale, par exemple). Des mesures de réhabilitation de grande ampleur ont même permis un taux d'amélioration de 15 %. Toutefois, ces mesures s'accompagnent d'investissements très importants.

#### Perspectives futures pour l'industrie papetière

L'intervenant a rappelé que, en matière d'efficacité énergétique, les améliorations possibles avaient des limites. Le taux d'augmentation de 3 à 5 % de l'efficacité réalisée dans cette industrie est loin des objectifs fixés par la Commission européenne pour 2030. D'après M. Riu, **l'efficacité énergétique ne pourra être davantage améliorée que lorsque de nouvelles technologies seront employées**, telles que les pompes à chaleur à haute température, par exemple. Par conséquent, il est nécessaire de soutenir et de financer des projets pilotes.

Dans l'industrie papetière, la concurrence continue de s'intensifier ; simultanément, il devient de plus en plus difficile pour les entreprises de se conformer aux réglementations, notamment en ce qui concerne l'objectif de réduction de CO<sub>2</sub> à l'horizon 2050. Pour pouvoir continuer à optimiser ses performances, l'industrie papetière a besoin d'une énergie moins coûteuse. Il faut donc qu'elle bénéficie d'un accompagnement sur le long terme, a réclamé l'intervenant.

## V. Projets d'efficacité énergétique dans l'industrie

Présentations :

- **Consommation transfrontalière de chaleur fatale industrielle à destination des foyers** – Mariann Freund, experte en efficacité énergétique dans l'industrie, Agence allemande de l'énergie (dena)
- **Modèles d'affaires pour la mise en œuvre de projets d'efficacité énergétique dans l'industrie** – Günther Schneider, président, E.ON Business Solutions
- **Le financement : un levier pour améliorer l'efficacité énergétique des processus industriels** – Noémie Papon, cheffe de projet, GreenFlex
- **Économie circulaire dans l'industrie** – Christian Haessler, responsable du programme globale Économie circulaire, Covestro

Toutes les présentations (en anglais) ainsi que la vidéo de la conférence (en français et en allemand) sont téléchargeables sur le [site Internet de l'OFATE](#).



## V.1. Utilisation transfrontalière de chaleur fatale provenant d'une aciérie

Lors de sa présentation, Mariann Freund, de l'Agence allemande de l'énergie (*Deutsche Energie-Agentur, dena*) a présenté un projet transfrontalier pour l'utilisation de chaleur fatale industrielle. Il s'agit d'utiliser la chaleur fatale produite par une aciérie située en Allemagne, à la frontière franco-allemande, pour le chauffage de bâtiments en France. La dena et l'Agence française pour la transition écologique (ADEME) apportent leur soutien à ce projet dans le cadre de la [plate-forme énergétique franco-allemande](#). Cette plate-forme conseille les acteurs impliqués relativement au soutien et au financement, leur apporte une assistance pour la communication du projet et accompagne le développement de celui-ci.

### Importance de la chaleur fatale pour la transition énergétique

Les entreprises énergivores produisent un surplus de chaleur, qu'elles ne peuvent pas utiliser elles-mêmes, ou alors, uniquement de manière limitée. Par conséquent, il existe un potentiel important pour l'utilisation externe de chaleur fatale industrielle dans les réseaux de chaleur urbains, a expliqué Mme Freund. **Théoriquement, en Allemagne, 7 % des besoins en chaleur urbaine actuels pourraient être couverts par de la chaleur fatale provenant de l'industrie. En France, ce chiffre s'élève à 14 %** (cf. tableau 1).

	Quantité de chaleur fatale disponible (>95 °C)	Quantité de chaleur fatale disponible (> 95 °C), à une distance de 10 km max. des réseaux existants	Potentiel pour la couverture des besoins en chaleur urbaine actuels
UE	115,3 TWh	42 TWh	8 %
Allemagne	23,2 TWh	8 TWh	7 %
France	12,5 TWh	3,6 TWh	14 %

**Tableau 1** – Potentiel de l'utilisation de chaleur fatale hors des entreprises. Source : présentation Mariann Freund, dena. Chiffres basés sur : base de données de l'UE sEnergies 2020, BMWi 2020, fedene 2019.

D'après l'intervenante, **différents obstacles** ont empêché, jusqu'à présent, de pleinement exploiter ces potentiels.

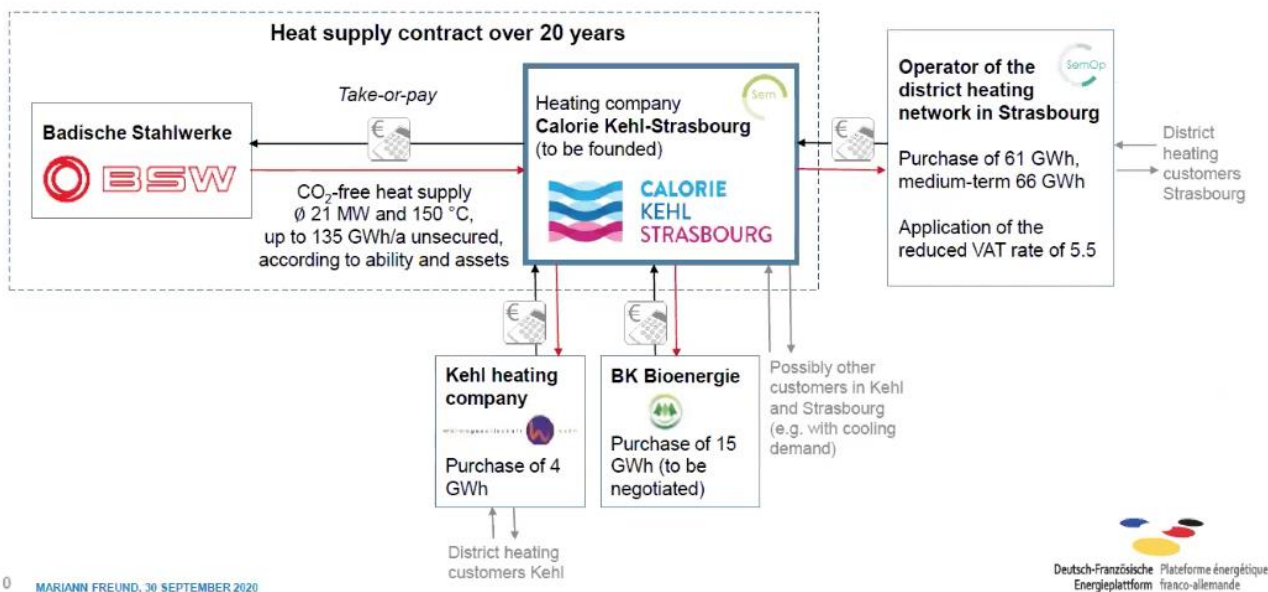
- **La rentabilité n'est pas acquise :**
  - investissements initiaux élevés,
  - concurrence avec les prix du gaz bas et avec l'incinération des déchets (sur les réseaux de chaleur existants),
  - périodes d'amortissement longues pour les entreprises industrielles,
  - en général, la rentabilité du projet n'est pas assurée sans un recours à des aides.
- **Délais longs pour le développement, la planification et l'autorisation.**
- **Étroite collaboration et intense communication nécessaires entre un grand nombre d'acteurs.**
- **Investissement en personnel élevé.**
- Pour les projets transfrontaliers :
  - barrière de la langue,
  - réglementations nationales divergentes,
  - points de vue culturels différents,
  - fermeture des frontières du fait de la pandémie de Covid-19.

### L'alliance chaleur Kehl-Strasbourg

- Potentiel de chaleur fatale générée par les Badische Stahlwerke (BSW) à hauteur de plus de 135 GWh.
- Alimentation en chaleur fatale prévue d'environ 5 500 foyers.
- Le réseau de chaleur reliant Kehl à Strasbourg doit s'étendre sur 4 km.
- Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> prévue : environ 15 000 t de CO<sub>2</sub> par an.

En 2019, une étude de faisabilité a démontré que le projet était réalisable techniquement et rentable économiquement. D'après Mme Freund, le projet doit passer à la phase de mise en œuvre cette année. Le début des travaux est prévu pour l'année 2022.

La nouvelle société de fourniture de chaleur (Calorie Kehl Strasbourg) récupérera la chaleur fatale de la BSW dans le cadre d'un contrat *take-or-pay*<sup>28</sup> et la revendra, entre autres, à l'exploitant du réseau de chaleur strasbourgeois et au fournisseur de chaleur de Kehl (cf. figure 10).



10 MARIANN FREUND, 30 SEPTEMBER 2020

Deutsch-Französische Energieplattform  
Franco-allemande

Figure 10 – Relations d'approvisionnement envisagées. Source : présentation Mariann Freund, dena.

La plate-forme énergétique franco-allemande a eu des difficultés à trouver des instruments de soutien de projets au niveau européen, à l'exception d'un programme (INTERREG Oberrhein), a affirmé l'intervenante. Pour cette raison, a-t-elle expliqué, il est nécessaire que le projet puisse bénéficier d'instruments de soutien nationaux. Pour un soutien combiné, il est très important de séparer rigoureusement les éléments du projet bénéficiant des aides.

## V.2. Modèles d'affaires pour la mise en œuvre de projets d'efficacité énergétique dans l'industrie

E.ON est le plus gros gestionnaire de réseau de distribution d'énergie en Europe. L'entreprise fournit des solutions énergétiques à des clients industriels, commerciaux et privés. Günther Schneider a présenté les solutions énergétiques proposées par E.ON aux clients industriels.

- Solutions d'efficacité énergétique : optimisation des éclairages, ventilations, moteurs électriques, etc.
- Production de chaleur : production de chaleur avec de la biomasse ou des pompes à chaleur, par exemple.
- Production d'électricité décentralisée : installations photovoltaïques sur la toiture des bâtiments industriels, par exemple.

Ces étapes sont combinées avec des solutions numériques pour identifier et exploiter les potentiels d'efficacité énergétique, a expliqué M. Schneider.

<sup>28</sup> Accord contractuel portant sur une garantie de paiement entre un vendeur et un acheteur. L'acheteur s'engage au paiement d'un montant fixe, indépendamment de la fabrication ou de la réception effective des produits. Source : Gabler Wirtschaftslexikon ([lien](#) vers le site Internet, en allemand).

### Obstacles lors de la mise en œuvre de projets d'efficacité énergétique

- **Possibilités d'investissement limitées** : les investissements se concentrent sur les processus effectifs de l'entreprise.
- **Exigences élevées pour les investissements** : en moyenne, le retour sur investissement (RSI) visé est de trois ans, au maximum. Or, les projets d'efficacité énergétique ont souvent besoin de plus de temps.
- **Capacités internes limitées pour le développement de projets d'efficacité énergétique** : ressources en personnel et en temps insuffisantes.

### Modèles d'affaires possibles

Les modèles d'affaires doivent prendre en compte les aspects suivants :

- concept de financement permettant une comptabilité hors bilan + aides potentielles.
- garanties pour l'efficacité énergétique et les économies d'énergie,
- offre intégrée comprenant la technique, la réalisation du projet et l'exploitation.

	Classical internal project development	Design & Build	Leasing	Energy Performance Contract (« EPC »)	Power/ Heat Purchase Agreement (« PPA »)
Scope	Procurement of equipment and installation services	Turn-key project	Turn-key project and financing	Saved kWh	Delivered kWh
Integrated Offer	✗	✓	✓	✓	✓
No CAPEX requirement	✗	✗	✓	✓	✓
Immediate positive cash flow	✗	✗	✓	✓	✓
Off-balance treatment	✗	✗	✗	✓	✓
Guarantees on energy performance	✗	✗	✗	✓	✓

**Figure 11** – Caractéristiques des modèles d'affaires pour les solutions énergétiques.

Source : présentation Günther Schneider, E.ON Business Solutions.

E.ON propose, entre autres, le modèle du **contracting pour les économies d'énergie** (« *Energy Performance Contract* » dans la figure 11). Dans le cadre de ce modèle, E.ON analyse les économies d'énergie potentielles, puis finance et met en œuvre les solutions qui présentent l'efficacité énergétique la plus élevée. C'est donc E.ON qui supporte les coûts d'investissement, lesquels sont ensuite refinancés par les économies d'énergie. Ces dernières sont garanties par E.ON. Si les objectifs d'efficacité énergétique visés ne sont pas atteints, la différence est remboursée. De leur côté, les clients s'engagent à verser une rémunération pour les kWh économisés. Par ailleurs, certains paramètres clés doivent être définis avant le début du projet et être respectés par la suite.

E.ON s'appuie sur différents leviers d'investissement. En France, ce sont :

- les Certificats d'économie d'énergie (CEE), également appelés « certificats blancs »,
- le Fonds Chaleur,
- le plan « France relance » : procédures d'appels d'offres pour la décarbonation dans l'industrie (cf. également la section II.1.).

### Exemples de projets



- ArcelorMittal (sidérurgie) :
  - remplacement de systèmes d'éclairage à faible efficacité énergétique par des ampoules LED,
  - récupération de chaleur : économie garantie de 16 GWh de gaz naturel par an.
- Processus ORC (à venir) : transformation de chaleur fatale ne pouvant être utilisée ailleurs en électricité, qui peut être consommée au niveau local. D'après M. Schneider, le secteur industriel offre un potentiel considérable.

### V.3. Le financement : un levier pour améliorer l'efficacité énergétique des processus industriels

GreenFlex conseille les collectivités territoriales et les entreprises sur les questions ayant trait à la transition énergétique et aux problèmes environnementaux. Parmi les domaines concernés, figure le financement. Noémie Papon a souligné que, malgré leur importance, les questions de l'efficacité énergétique et de la réduction de CO<sub>2</sub> ont reçu peu d'attention de la part de la communauté financière dans l'industrie. Parmi les **obstacles aux investissements**, elle a mentionné :

- **la complexité technique et les faibles connaissances** sur les projets,
- **le fait que les offres dans le domaine financier** pour la mise en œuvre de projets soient **peu connues**,
- **le manque d'échange** entre les acteurs de la communauté financière et les entreprises,
- enfin, les projets sont souvent **considérés comme risqués**, avec des périodes de remboursement longues.

La communauté financière accorde peu d'importance aux thèmes de l'efficacité énergétique et de la diminution des GES, et ce, malgré leur importance.

Noémie Papon, GreenFlex

Du fait de ces obstacles peu d'investissements sont effectués, notamment dans des projets d'efficacité énergétique, et ce, malgré leur potentiel. Pourtant, l'**efficacité énergétique** est un **aspect stratégique important pour les entreprises**, a affirmé Mme Papon. D'une part, une utilisation plus efficace de l'énergie permet de **réduire les coûts**. D'autre part, cet aspect a un impact sur la **gestion des risques** : en effet, les lois promulguées sur le climat sont de plus en plus nombreuses et les entreprises doivent faire face à une pression sociale toujours plus forte. Enfin, l'efficacité énergétique contribue également à l'**augmentation de la valeur ajoutée générée**. D'après Mme Papon, les clients attendent que la production soit climatiquement neutre.

Lors de son intervention, elle a présenté un exemple tiré de la pratique, permettant de surmonter les différents obstacles énoncés ci-dessus. Le projet concerné visait le financement d'un modèle climatiquement neutre dans le secteur alimentaire, plus précisément les produits surgelés. Dans le cadre de ce projet, les capacités de production devaient être augmentées et l'efficacité énergétique améliorée. Un contrat d'économie d'énergie a été conclu, garantissant la réalisation des économies et permettant le financement par des tiers (cf. également la section V.2.) Les coûts du projet se sont élevés, au total, à 12 millions d'euros. Deux tiers des coûts d'investissement ont pu être couverts par des aides, avec une période de remboursement s'étalant sur huit ans.

Par ailleurs, l'intervenante a présenté le programme [INVEEST](#), dont GreenFlex est le promoteur et qui est consacré à la formation d'experts dans le domaine du financement de projets d'efficacité énergétique.

- Groupe cible : banques, entreprises industrielles et autres parties prenantes, telles que des sociétés de consulting.
- Objectifs :
  - diffusion de connaissances sur les possibilités de financement dans le secteur industriel,



- formation de 1 000 personnes d'ici à 2021 (200 ont été formées jusqu'à présent).
- Activités principales :
  - formation (apprentissage en ligne + encadrement sur le lieu de travail ou format 100 % numérique possibles),
  - développement d'instruments + aides à la décision (élaboration d'un plan d'affaires, par exemple),
  - échange sur les meilleures pratiques dans le cadre d'un réseau.

## V.4. L'économie circulaire dans l'industrie

D'après Christian Haessler, l'économie circulaire constitue une étape importante vers la neutralité climatique. Pour l'entreprise chimique Covestro, qui opère au niveau international, l'économie circulaire signifie bien plus que la simple utilisation efficace des ressources et l'élimination des déchets. L'entreprise table également sur des solutions de recyclage innovantes.

Pour pouvoir atteindre la neutralité climatique, Covestro a besoin d'énergies renouvelables en quantité suffisante et à des prix abordables, a affirmé l'intervenant. Par ailleurs, il faudrait aussi utiliser des matières premières alternatives, comme la biomasse ou des matériaux en fin de cycle de vie. À l'heure actuelle, le plus gros volume des matières premières provient de dérivés du pétrole. Covestro a l'intention de mettre fin à sa dépendance au pétrole au cours des 20 à 30 prochaines années, a encore déclaré M. Haessler. En plus d'un recours plus important à la biomasse, l'utilisation directe du CO<sub>2</sub> comme matière première est également une option, a-t-il conclu.

### Exposition de posters sur l'efficacité énergétique dans l'industrie :

Dans le cadre de la conférence en ligne, sept posters (en anglais) ont été exposés. Ces posters peuvent être téléchargés sur le [site Internet de l'OFATE](#).

- **AVU Serviceplus** provides small and large-scale photovoltaic systems. On-site consumption of PV-electricity in industrial and commercial buildings is ecological and economical ([poster AVU Serviceplus](#)).
- **Bayrisches Landesamt für Umwelt**: The Bavarian Environment Agency provides an online tool free of charge, which is called waste heat calculator. It is available in English and German and especially recommended for small and medium sized companies. The waste heat calculator provides an initial estimation of the technical usable amount of waste heat ([poster de l'Office bavarois de l'environnement](#)).
- **Dcbrain's** technology is a software solution combining digital twin modelization and artificial intelligence algorithm to predict, model and optimize networks. It can be used to demand forecast and optimal mix for production, storage and distribution, to create and compare scenarios for network planning and operations, to optimize asset usage and life-cycle and to detect prescriptive real-time anomaly ([poster Dcbrain](#)).
- **Fraunhofer-Institut IPK**: The energy efficiency in the industrial production can be raised by optimizing the existing machinery. For complex optimization tasks, powerful control systems are needed together with algorithms. The project ReLkat aims at the enhancement of local control through the implementation of Machine Learning, especially Reinforcement Learning. Fraunhofer IPK and Signal Cruncher investigate jointly the possibilities of introducing those innovative algorithms into real production processes. The Berlin based company Signal Cruncher benefits from experience in software development for internet online sale and Smart Home for years ([poster Fraunhofer IPK](#)).
- **newHeat**: The objective of the project was to offset one part of the fossil fuel consumption of the industrial site of Condat (natural gas in this case) with solar thermal energy. The solar heat plant preheats the make-up water of the factory's steam boiler, extracted from a river nearby, up to 80°C. With its third-party finance model or ESCO model (Energy Services Company),





newHeat has invested in the thermal energy production unit and operates it in the long term. This enabled the paper mill to get access to a stable price for 20 years while preserving its investment capacity for other strategic projects ([poster newHeat](#)).

- **Technische Universität Ingolstadt:** Dairy processing industry is energy-intensive and could increase its energy efficiency, e. g. through heat recovery and by flexibilization of electrical demand for integration of renewable energies. The focus is set on the coupling of the sectors heat and electricity. The first objective is to investigate reasonable system solutions that can be applied to the whole industry of dairy processing. The project is implemented with the industry partners "Zott" and "Andechser Molkerei Scheitz" as well as equipment manufacturers „Lemmermeyer GmbH" and „AGO AG Energie + Anlagen" ([poster de l'université technique d'Ingolstadt](#)).
- **Tilia:** The Prysmian Group (global leader in the cable systems industry) wants to implement energy efficiency measures on all its German sites. In 2016 they commissioned Tilia to help them. In addition to the renewal of the compressed air generation system, one of the first central measures was the redesign of the lighting system. Other measures for energy efficiency will be implemented in the future ([poster Tilia](#)).

#### Informations supplémentaires de l'OFATE sur le thème de l'efficacité énergétique dans l'industrie :

- Note de synthèse externe sur l'[autoconsommation industrielle en Allemagne](#) : cadre réglementaire, principes économiques et évolutions, mai 2020
- Note de synthèse sur le [marché de la chaleur en France et en Allemagne](#), novembre 2019
- Note de synthèse sur la [chaleur fatale dans l'industrie en France et en Allemagne](#), mars 2019
- Synthèse de la conférence sur le thème de la [tarification du CO<sub>2</sub> en France et en Allemagne : une opportunité ou un risque pour nos économies ?](#), novembre 2018
- Synthèse de la conférence sur le thème du [marché et des services d'efficacité énergétique](#), mars 2018
- Note de synthèse (en allemand) sur les [certificats d'économie d'énergie en France](#), décembre 2017