

## ENERGIES RENOUVELABLES : SOLAIRES THERMIQUE, PHOTOVOLTAÏQUE ET THERMODYNAMIQUE

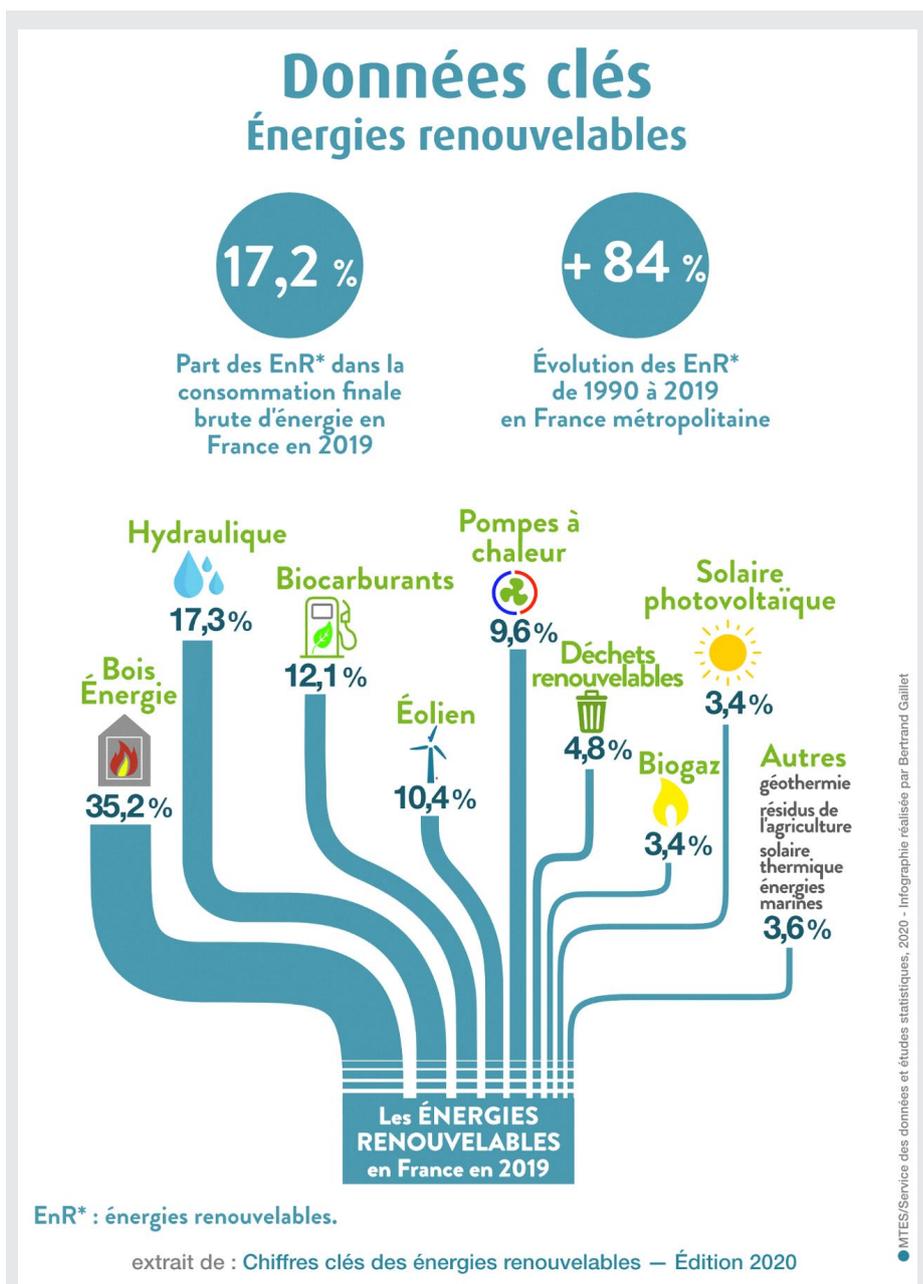
A l'heure où la réduction des consommations énergétiques (décret tertiaire) et l'autonomie énergétique (RT 2020) sont mises en avant par les pouvoirs publics, ETN vous propose de découvrir plus en détail une énergie renouvelable couramment utilisée aujourd'hui : l'énergie solaire.

### ➤ Mais tout d'abord, qu'est-ce qu'une énergie renouvelable ?

Il s'agit de sources d'énergie dérivées de processus naturels en perpétuel renouvellement, notamment celles d'origine solaire, éolienne, hydraulique, géothermique ou végétale (bois, biocarburants, etc.). Leur caractère renouvelable dépend d'une part de la vitesse à laquelle la ressource est consommée, et d'autre part du rythme auquel elle se renouvelle.

En France, en 2020, la part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie s'élève à 19,1 % (source Ministère de la transition écologique). Un an plus tôt, en 2019, la part des énergies renouvelables était de 17,2%, ce qui traduit une progression sensible (il est toutefois légitime de s'interroger sur la représentativité des données 2020, compte tenu d'une baisse marquée d'activité dans de nombreux secteurs, qui font appel dans de fortes proportions, à des sources d'énergie non renouvelables).

Quelles sont les énergies renouvelables utilisées en France et leur répartition (données 2019) ?



NB : 84% représente l'évolution de la part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie en France, sur une période de 30 ans.

La répartition ci-dessus fait aussi apparaître les pompes à chaleur. Outre le fait qu'elles consistent davantage en un procédé (notamment de chauffage) qu'en une source d'énergie, une question reste en suspens : sont-elles toutes alimentées à partir d'une EnR, dans le cadre de ce schéma ?

## ENERGIES RENOUVELABLES

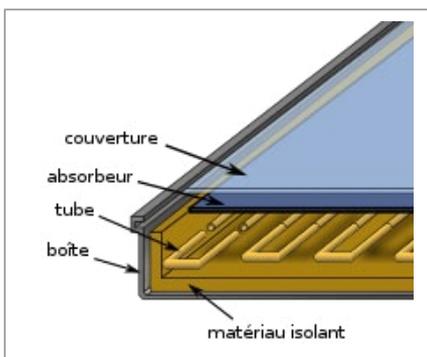
### ↳ Energie solaire : Quelles technologies ?

Trois technologies de panneaux solaires sont disponibles : L'énergie solaire thermique, photovoltaïque et thermodynamique. Les deux premières nommées sont les plus usitées et assez facilement accessibles (particuliers, entreprises, ...).

**Les panneaux solaires thermiques : Ils produisent uniquement de l'énergie thermique.**

Dans son principe, un capteur plan composé d'un absorbeur (une surface noire absorbant l'énergie solaire) permet de transformer celle-ci en énergie calorifique destinée à chauffer ou préchauffer de l'eau (eau chaude sanitaire, chauffage de locaux).

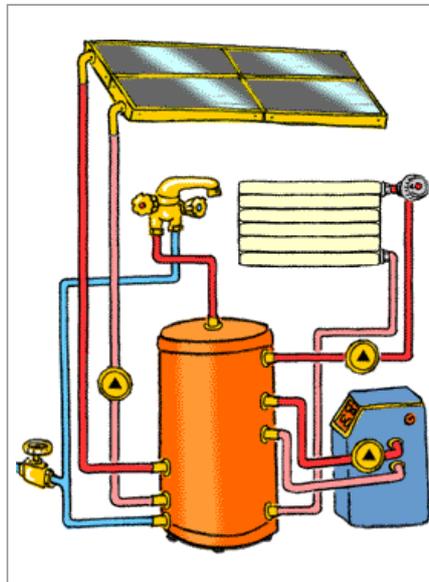
La couverture du capteur a pour objectif de transmettre un maximum du rayonnement solaire incident et de limiter les pertes thermiques par radiation et par convection. La couverture protège par ailleurs l'absorbeur, et notamment son revêtement des intempéries, qui pourraient entraîner son oxydation notamment.



La couverture est composée d'une ou plusieurs surfaces de verre ou autres matériaux, de qualités spécifiques, permettant un degré de transmission élevé du rayonnement solaire, tout en limitant les déperditions thermiques par rayonnement infrarouge du capteur plan.

Le fluide caloporteur qui circule dans le tube est souvent de l'eau mélangée à un additif antigel. Il existe aussi des capteurs à tube sous vide, ce qui a pour effet de limiter les pertes par convection.

Les panneaux solaires thermiques peuvent être installés chez des particuliers mais sont aussi utilisés pour le chauffage de bâtiments, par exemple dans le domaine tertiaire, ou pour certains process industriels.



**Principe de fonctionnement :  
solaire thermique**



D'après les informations disponibles, un chauffe-eau solaire peut couvrir, selon la région et la taille de l'installation, 50 à 80 % des besoins moyens annuels d'eau chaude sanitaire, par exemple ; les capteurs solaires sont donnés pour une durée de vie de 20 à 30 ans, le ballon est à changer quant à lui tous les 15 à 20 ans, le matériel annexe (sondes, circulateur) est à renouveler tous les 8 à 10 ans.



**Panneaux photovoltaïques**

## ENERGIES RENOUVELABLES

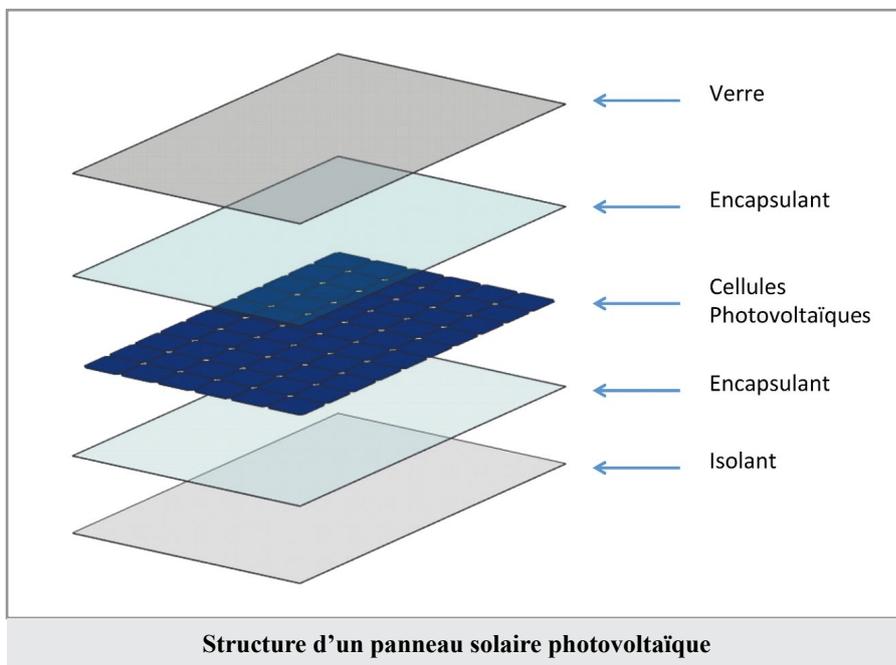
### Les panneaux solaires photovoltaïques : Ils produisent de l'énergie électrique.

Les cellules contenues dans les panneaux photovoltaïques sont constituées de semi-conducteurs, généralement à base de silicium (parc photovoltaïque actuel). Sous l'effet de la lumière, le silicium, libère des électrons pour créer un courant électrique continu. Ce courant est ensuite transformé en courant alternatif grâce à un onduleur.

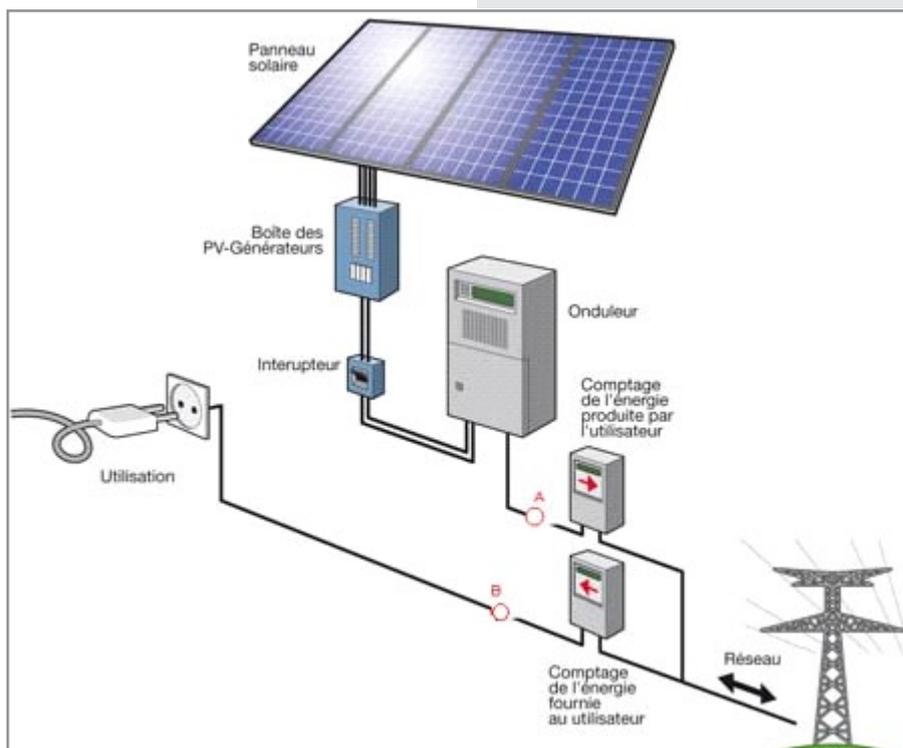
Ce système est plus polyvalent en termes d'utilisation puisque ses applications sont multiples : chauffage de l'eau, de la maison, éclairage, utilisation électroménager, etc.

*La durée de vie des panneaux photovoltaïques est comprise entre 20 et 30 ans. Le matériel annexe, tel que l'onduleur a une durée de vie moindre (7 à 10 ans).*

L'électricité produite est soit consommée sur place soit transportée via le réseau de distribution. Ce dernier cas est assez général pour les centrales photovoltaïques, mais aussi pour l'énergie produite en surplus par les petites installations.



### Principe de fonctionnement solaire photovoltaïque



Pour les installations autonomes (particuliers, petites entreprises) l'électricité non utilisée est achetée par le fournisseur d'énergie ou stockée « virtuellement » sur le réseau. Le stockage virtuel consiste à mesurer la quantité d'énergie apportée sur le réseau via l'installation avec un compteur d'énergie classique, pour ensuite créditer ces kilowattheures au producteur lorsque sa production devient insuffisante lors de pics de consommation.

Dans les prochaines années, ce mode de fonctionnement devrait se généraliser. En effet, l'électricité excédentaire produite est achetée aujourd'hui à des tarifs très valorisants pour le producteur (plus élevé que le prix du marché) mais la tendance est à la baisse du prix de rachat. Il pourrait devenir inférieur au prix moyen du marché.

En 2012 le **prix moyen d'achat** de l'énergie électrique excédentaire pour une installation photovoltaïque installée sur un bâtiment à usage d'habitation était compris entre 37 et 38 cts/kWh avec un prix moyen du marché de 9,5 cts/kWh (tarif réglementé de base). Donc, des conditions très avantageuses... Mais en 2020, pour les nouveaux contractants, ce prix se situait entre 15 et 16 cts/kWh avec un prix moyen du marché de 15 cts (tarif réglementé de base).

## ENERGIES RENOUVELABLES

Pour les grosses installations (parcs photovoltaïques), l'énergie peut être stockée sur des batteries lithium-ion mais le prix de ces batteries même s'il baisse au fil des années reste très conséquent. Le stockage est réservé à des zones géographiques très spécifiques qui ne sont pas interconnectées avec d'autres régions. Il s'agit de zones où le risque de coupure ponctuelle est réel (ex : les DOM TOM).

**Solaire thermodynamique : Production d'énergie thermique et indirectement, d'énergie électrique. Possibilité de stockage.**

Ce mode de production est à ce jour très peu utilisé en France (5 sites existent, tout au plus) car il nécessite un ensoleillement important.

Le principe est de concentrer suffisamment le rayonnement solaire de façon à pouvoir chauffer un fluide caloporteur (de l'huile ou des sels fondus) à haute température (de 250°C à 2000°C).

La chaleur ainsi emmagasinée par le fluide peut être utilisée directement pour des usages industriels ou pour produire de l'électricité à partir d'une génération de vapeur, laquelle vapeur alimente une turbine à vapeur. Par rapport au photovoltaïque où la production s'arrête dès l'absence de soleil, la production au-delà de la période d'ensoleillement peut continuer dans les cas où il existe un réservoir de stockage du fluide chauffé.

En France, le plus gros site de production est situé à Llo (Pyrénées-Orientales) :

**Llo (Pyrénées-Orientales)**  
Centrale thermodynamique à concentration de type Fresnel  
95 200 miroirs de Fresnel sur 36 hectares

Puissance installée 9 MW\*  
Technologie :  
à concentration de type Fresnel

Les réflecteurs linéaires de Fresnel mettent en œuvre des miroirs quasi-plans disposés à plat et près du sol. Ils concentrent les rayons du soleil sur des tubes récepteurs fixes. Ces miroirs peuvent pivoter de façon à suivre la trajectoire du soleil tout au long de la journée.

Installés sur un terrain de 36 hectares, 95 200 miroirs de Fresnel (occupant 153 000 m<sup>2</sup>) suivent la course du soleil et chauffent des tubes récepteurs fixes placés à 10 mètres au-dessus du sol. La chaleur transforme l'eau contenue dans les tubes en vapeur. Cette dernière, sous pression, entraîne une turbine générant de l'électricité. Le stockage thermique est assuré par neuf ballons accumulateurs de vapeur (volume de plus de 1 000 m<sup>3</sup>) représentant quatre heures de fonctionnement à pleine charge.

*\*Éléments de comparaison : la puissance maximum disponible du barrage de Serre-Ponçon est de 380 MW ; Un réacteur nucléaire se caractérise par une puissance disponible de 500 MW, pour les moins puissants. Mais en Espagne, la centrale solaire thermodynamique à miroirs de Fresnel de Puerto Errado est dotée d'une puissance totale de 31,4 MW.*

Il existe aussi d'autres types de centrale solaire thermodynamique, à miroirs cylindro-paraboliques, qui offrent des puissances plus élevées (Andasol, Espagne : 150 MW) ou encore à tours solaires, dont certaines atteignent des puissances encore plus élevées (Ivanpah, Californie : 377 MW).

### ↳ Impact environnemental

Les panneaux solaires photovoltaïques, notamment les premières générations, présentent un impact non négligeable sur l'environnement.

C'est principalement la production du silicium, constituant primaire des cellules photovoltaïques, qui alourdit le bilan environnemental. Mais des recherches sont effectuées pour améliorer les procédés de raffinage et pour diminuer l'épaisseur des cellules photovoltaïques (quantités de silicium en jeu).

**Silicium cristallin** (photovoltaïque de 1<sup>ère</sup> génération) : les cellules sont constituées de fines plaques de silicium, élément que l'on extrait du sable ou du quartz. La durée de vie des modules photovoltaïques fabriqués à partir de ces cellules est estimée entre 25 et 30 ans.



## ENERGIES RENOUVELABLES

**Couches minces** (photovoltaïque de 2<sup>ème</sup> génération) : ces cellules sont obtenues en déposant des couches de matériaux semi-conducteurs et photosensibles sur un support en verre, en plastique, en acier, etc. Différents matériaux semi-conducteurs peuvent être utilisés, le plus répandu étant le silicium amorphe, mais d'autres matériaux intègrent des éléments chimiques rares (indium, sélénium, gallium) et parfois sujets à controverse (comme le tellure de cadmium, composé toxique). Cette technologie conduit à des coûts de production moins élevés, mais les cellules offrent un rendement moindre que dans le cas du silicium cristallin. Elle a connu toutefois un développement important ces dernières années.

**Cellules organiques** (photovoltaïque de 3<sup>ème</sup> génération) : Leur impact sur l'environnement est moindre. Ces modules sont constitués de molécules organiques. Les capteurs solaires se présentent sous forme de films de type photographique, souples, légers et faciles à installer. L'intérêt potentiel de cette technologie est d'offrir une énergie solaire à un prix significativement inférieur aux technologies de première et de deuxième génération. **Le rendement associé à cette technologie apparaît cependant moindre actuellement, celle-ci demeurant encore en cours de développement.**

D'autres procédés font l'objet de recherches, comme les cellules à concentration et les **cellules pérovskites** (composés de type  $ABX_3$ , où A et B sont des cations et X un anion, avec une dimension ionique spécifique). Ce type de cellules reste **actuellement à l'état embryonnaire.**

Peu d'études environnementales sont disponibles pour le solaire thermique, mais il est certain qu'en l'absence de silicium, son impact sur l'environnement est moindre.

### ↳ Rendement (panneaux photovoltaïques)

Le rendement des panneaux photovoltaïques, par rapport à la puissance reçue, du rayonnement solaire contrairement à ce que l'on pourrait imaginer, n'est pas très élevé.

Module de 1<sup>ère</sup> génération :  
entre 11 et 20 %

Module de 2<sup>ème</sup> génération :  
entre 5 et 11 %

Module de 3<sup>ème</sup> génération : rendement à déterminer en conditions réelles (de 8 à 30 % en conditions de laboratoire).

*Le rendement sera plus faible en conditions réelles. Pour les générations précédentes un abattement de 50% a été constaté (conditions réelles), le rendement diminuant également au cours des années d'utilisation.*

### ↳ Recyclage – Fin de vie

La directive 2012/19/UE modifiée, relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques inclut les modules photovoltaïques dans son champ d'application.

La transcription en droit français a été effective via le décret n°2014-928 du 19 août 2014.

Ceci a nécessité la mise en place de dispositifs de collecte et recyclage.

Dans ce cadre, **les producteurs et distributeurs de panneaux photovoltaïques sont solidairement responsables de la collecte et du traitement des panneaux solaires usagés.**



**CHOISISSEZ LE MEILLEUR,  
CHOISISSEZ UNION.**

L'amour du travail bien fait, le respect de l'environnement, la recherche incessante du résultat optimal, des standards élevés, sont nos valeurs. C'est tout cela qui a contribué à faire d'UNION, une marque reconnue mondialement pour la qualité et le design de ses machines.

[www.uniondcm.com](http://www.uniondcm.com)

## ENERGIES RENOUVELABLES

### ↳ Coût d'une installation

Catégorie/Puissance unitaire	Application	Tendance 2019 [€/W]
Surimposition (résidentiel) < 3 kW	Systèmes raccordés au réseau sur bâtiment en surimposition Exemples : maison individuelle	2,3 - 3
Surimposition (résidentiel) 5-10 kW	Systèmes raccordés au réseau sur bâtiment en surimposition Exemples : maison individuelle	1,7 - 2,1
Surimposition (tertiaire) 10-100 kW	Systèmes raccordés au réseau sur bâtiment en surimposition Exemples : bâtiment tertiaire ou public, copropriétés, granges agricoles	1,1 - 1,7
Surimposition (tertiaire) 100-250 kW	Systèmes raccordés au réseau sur bâtiment en surimposition Exemples : bâtiment tertiaire ou public, copropriétés, granges agricoles	1 - 1,2
Surimposition (industriel) > 250 kW	Systèmes raccordés au réseau sur bâtiment en surimposition Exemples : bâtiment logistiques, centres commerciaux	0,9 - 1,1
Parc au sol 1-10 MW	Systèmes au sol centralisé raccordés au réseau	0,8 - 1,0
Parc au sol 10-20 MW	Systèmes au sol centralisé raccordés au réseau	0,65 - 0,85
Parc au sol > 20 MW	Systèmes au sol centralisé raccordés au réseau	No data
Ombrière de parking 1 à 5 MW	Systèmes raccordés au réseau sur ombrière de parking	1,2 - 1,3
Ombrière de parking 5 à 10 MW	Systèmes raccordés au réseau sur ombrière de parking	1 - 1,1

Selon les chiffres publiés par l'ADEME (Etat du photovoltaïque en France 2019), une installation photovoltaïque en toiture -surimposition- demande un investissement compris entre 1,7 et 2,1 €/W pour une puissance totale comprise entre 5 et 10 kW.

Concernant les panneaux solaires thermiques l'investissement est d'environ 1,1 €/W (ADEME Coût des énergies renouvelables en France).

### ↳ Et demain ?

La tendance souhaitée à l'échelon de l'Europe, serait de se tourner massivement vers les énergies renouvelables. Les énergies fossiles devraient être ainsi de moins en moins utilisées. Les bâtiments dits « passifs » vont connaître une forte expansion à l'avenir. La production d'énergie sur le lieu de consommation, aussi bien pour les particuliers que pour les entreprises, et ce afin d'éviter les charges liées au transport, devrait de fait se développer et l'énergie solaire est une des alternatives disponibles pouvant être utilisée sur tous types de sites sans générer de nuisances acoustiques ni d'émissions de CO<sub>2</sub>. Un point reste cependant à améliorer : c'est l'impact environnemental lié à leur fabrication.

La vitesse de transition vers les énergies renouvelables dépendra avant tout des dispositifs d'incitation mis en place par les pouvoirs publics. La politique d'incitation peut évidemment prendre la forme d'aides financières, mais d'autres leviers pourraient être utilisés... l'énergie renouvelable utilisée pourrait, par exemple, être déduite des valeurs seuils évoquées dans le décret tertiaire...