

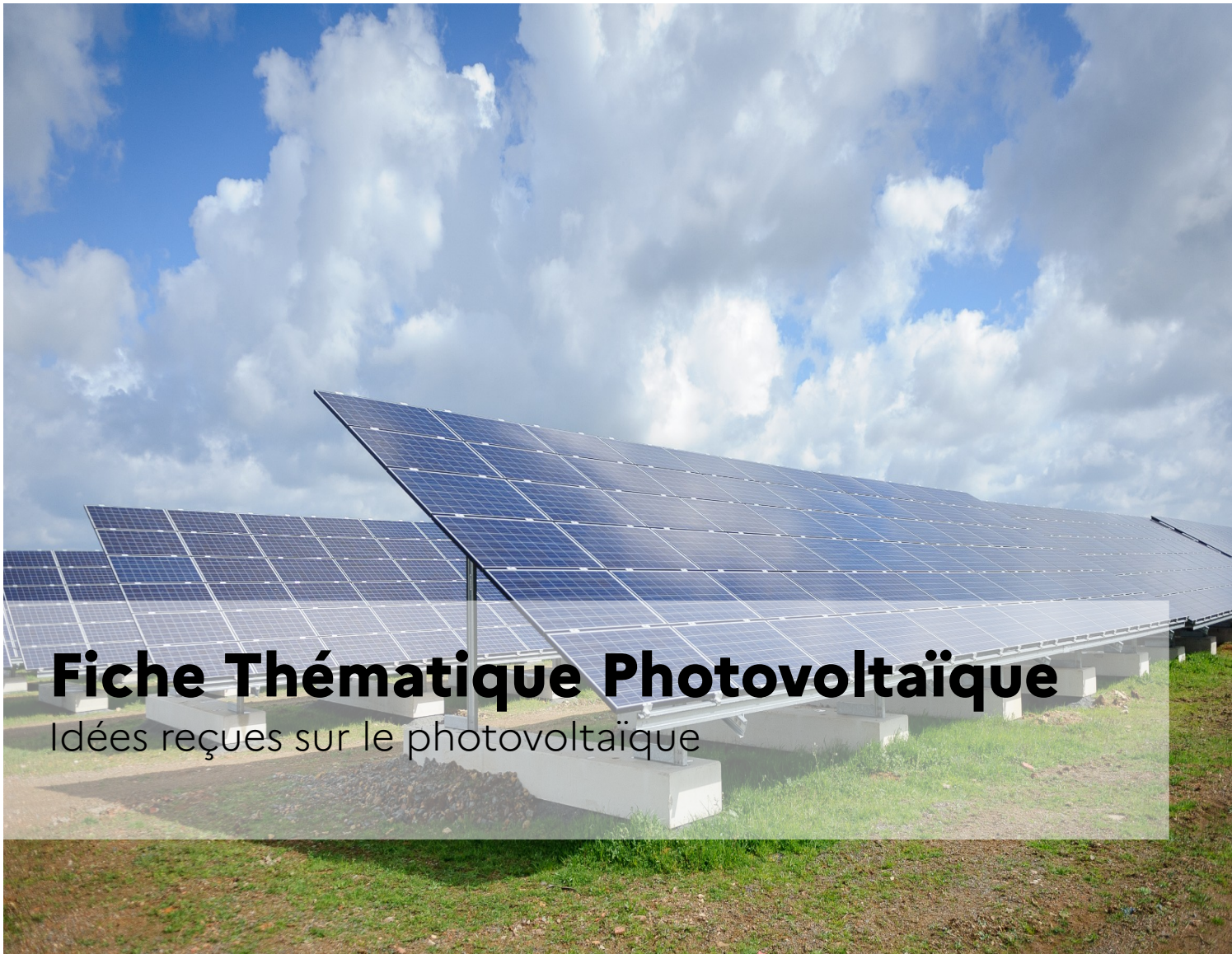


**PRÉFET  
DE LA RÉGION  
AUVERGNE-  
RHÔNE-ALPES**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**Tous acteurs de la préservation  
des ressources naturelles**



## **Fiche Thématique Photovoltaïque**

Idées reçues sur le photovoltaïque

# **Sommaire**

## **Politique énergétique et lutte contre le changement climatique**

Lien avec le changement climatique

Production

Variabilité de la production

Implantation

Soutien financier

Coût

## **Territoires et Acceptabilité**

Emploi local

Retombées économiques

Opportunités de territoires

## **Impacts**

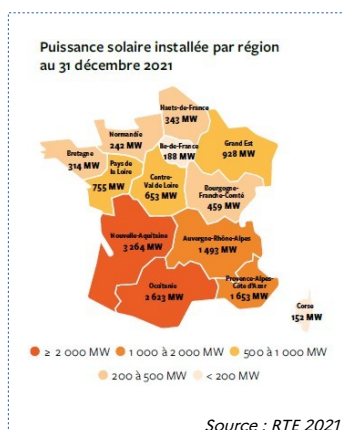
Impact sur la biodiversité

Impact sur la mobilisation foncière

Impact sur les ressources

Durée de vie

Fin de vie



Au 31 décembre 2021, la puissance du parc photovoltaïque français dépasse les 13 GW. La puissance raccordée au cours de l'année 2021 s'élève à 2 687 MW soit une hausse de la puissance installée annuellement de plus de 25 % par rapport à 2020.

La production d'électricité photovoltaïque dépasse 14TWh sur l'année 2021 et couvre 3 % de la consommation électrique française (en hausse de 0,2 point par rapport à l'année précédente).

Le développement reste porté en premier lieu par les quatre grandes régions du sud qui cumulent près de 70 % du parc national : Nouvelle-Aquitaine (3,2 GW), Occitanie (2,6 GW), Provence-Alpes-Côte d'Azur (1,6 GW – hors Corse) et Auvergne-Rhône-Alpes (1,4 GW). Toutefois, les dynamiques de développement régionales sont différentes et on observe un rythme qui s'accélère dans les régions plus au nord. La région Grand Est a connu ainsi en 2021 une augmentation de puissance installée de 310 MW.

## Politique énergétique et lutte contre le changement climatique

La transition énergétique est un impératif pour lutter efficacement contre le **changement climatique** et accroître notre indépendance énergétique. La stratégie française définie pour mener cette transition est constituée de 3 briques : sobriété, efficacité énergétique, développement des énergies renouvelables. Le développement de la filière photovoltaïque est indispensable à cette transition qui devra aussi accompagner l'électrification des usages. Il doit se faire en complément du développement d'autres sources d'énergies renouvelables comme l'éolien, la biomasse ou le biogaz.

### Lien avec le changement climatique

**Émissions de CO<sub>2</sub>**  
**43,9**  
**g CO<sub>2</sub>/kWh**

#### Impact carbone

Les émissions de CO<sub>2</sub> de l'électricité d'origine photovoltaïque sont estimées entre 25,2 et 43,9 g CO<sub>2</sub>/kWh produit (avec une variabilité selon les technologies et les provenances). A titre de comparaison, une centrale à gaz rejette environ 500 gCO<sub>2</sub>/kWh et une centrale à charbon près de 1 000 gCO<sub>2</sub>/kWh.

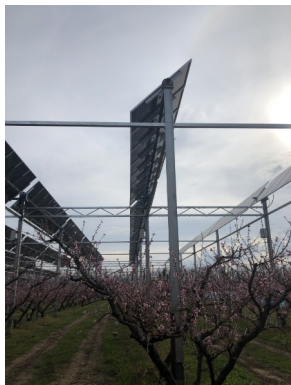
#### Impact carbone :

L'impact carbone analysé en utilisant les méthodes de l'analyse de cycle de vie (ou ACV) donne les émissions de gaz à effet de serre pour l'ensemble de la vie de l'objet en prenant en compte tous les flux de matériaux et d'énergie nécessaire à la fabrication d'un objet en tenant compte de l'extraction des matières premières, de la fabrication, du transport et du recyclage.

Les émissions de CO<sub>2</sub> du mix électrique français oscillent actuellement entre 40 et 100 gCO<sub>2</sub>/kWh. En France, on estime le temps de retour énergétique du photovoltaïque entre 1 à 1,5 ans : il s'agit du temps nécessaire pour que le panneau ait produit l'énergie nécessaire à sa fabrication (source : Faunhofer ISE – 2021).



## Agrivoltaïsme (synergie agriculture/énergie)



Trois programmes de recherche et développement en collaboration avec l'INRAE ont démontré que les systèmes agrivoltaïques dynamiques peuvent avoir un bénéfice pour les cultures. Ils peuvent constituer des outils de protection et d'adaptation aux changements climatiques qui préservent les rendements agricoles en :

- limitant des variations de températures : différence de 4°C en période de canicule et de 2°C en période de gel
- Diminuant le stress hydrique et les apports en eau (jusqu'à -34% d'apports)
- améliorant la qualité des productions agricoles

### Agrivoltaïsme :

*L'Etat accompagne le développement de projets agrivoltaïques définis comme des installations permettant de coupler de façon innovante et bénéfique une production photovoltaïque secondaire à une production agricole principale en permettant une synergie de fonctionnement démontrable. L'agrivoltaïsme est une typologie particulière du photovoltaïque en zone agricole dans laquelle l'activité agricole est favorisée par l'installation PV.*

*L'ADEME a publié en 2022 une étude qui permet de caractériser les projets photovoltaïques sur terrain agricole et de définir précisément la notion d'agrivoltaïsme.*

## Amélioration des puits carbone



En règle générale, les surfaces d'accueil des installations PV au sol, ne font l'objet que de coupes d'entretien et peuvent s'apparenter à des jachères. Le projet européen EcoFINDERS, coordonné en 2017 par l'Inra, montre que la mise en jachère des sols agricoles s'accompagne d'un transfert accru du carbone vers le sol. Ces résultats sont en phase avec l'objectif d'augmenter annuellement de 4 pour mille le stock de carbone des sols (objectif promu par le ministre français de l'agriculture lors de la COP21 en décembre 2015).

Depuis 2020, une autre étude menée par Photosol, Jpee et l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE) montre que la présence des panneaux solaires sur des terrains de pâturage peut entraîner une meilleure productivité de la parcelle sur l'année.

En accompagnant la mise au repos des sol et, selon les schémas de conception, en apportant une protection de la végétation aux fortes chaleurs, les centrales photovoltaïques peuvent donc constituer une solution permettant d'accroître la séquestration du carbone dans le sol. Les conclusions de ces études méritent toutefois d'être confortées.

## Production

**+ 13 %  
en 2021**

Il existe une grande diversité en termes de puissance pour les installations photovoltaïques (de quelques kWc pour les installations individuelles à 300MWc pour la plus grande centrale au sol de France).

En 2021, le photovoltaïque était la troisième source d'électricité renouvelable, après l'énergie hydraulique et l'éolien. Elle a permis de produire 3 % de l'électricité consommée en France. En ARA, la production de 1 486 GWh a représenté 10 % de la production solaire nationale.

En 2023, le photovoltaïque pourrait représenter environ 5 % de la production électrique nationale. Son développement est d'autant plus stratégique que les projets peuvent entrer en fonctionnement rapidement : de quelques mois pour les projets de puissance inférieure à 36 kVA à 5 ans en moyenne pour les centrales au sol.

## Variabilité de la production

Le photovoltaïque est une énergie variable mais prévisible. Elle s'inscrit dans le mix énergétique, de façon complémentaire aux autres sources d'énergie décarbonée.

Ainsi, la multiplication des sources d'énergie électrique associée à des moyens de pilotage de la production performants (centrales hydrauliques, réseaux intelligents...) permettent à l'énergie solaire comme l'énergie éolienne de s'intégrer sans difficulté dans notre système électrique métropolitain à un horizon de 10 ans. Le caractère variable de la production d'électricité solaire n'est donc pas une difficulté en soi, dans la mesure où cette production d'énergie renouvelable s'inscrit dans un mix électrique largement pilotable et doit répondre à une demande elle aussi variable.

Le rapport RTE-AIE (Agence Internationale de l'Énergie) publié en janvier 2021 indique qu'à moyen terme « *le besoin de nouvelles infrastructures de réseau en France demeurera modéré : l'ampleur des adaptations à engager est inférieure à celle des années 1980 pour le parc électronucléaire* ». Pour autant, ce même rapport indique qu'au-delà de 2030, une restructuration en profondeur du réseau électrique français sera nécessaire pour atteindre des parts élevées d'EnR et imposera des extensions et renforcements du réseau.



### Focus régional sur le facteur de charge :

*En 2021, en AURA, les panneaux photovoltaïques ont produit en moyenne autant d'électricité que s'ils avaient fonctionné 12,7% du temps à capacité maximale (on parle de taux de charge). Avec les progrès technologiques, ce taux ne cesse de progresser : par exemple la technologie avec trackers solaires (les modules s'orientent pour suivre la course du soleil) permet une augmentation du facteur de charge jusqu'à 40 %.*

## Implantation

*En Savoie, une installation de 20m<sup>2</sup> produit entre 3 000 et 4 000 kWh/an = consommation de 2 à 3 personnes*

Le photovoltaïque n'est pas réservé aux territoires les plus ensoleillés. C'est aujourd'hui une solution déployée partout en France et en Europe. De nombreux pays moins ensoleillés que la France, comme l'Allemagne, ont déjà largement adopté cette technologie.

La deuxième plus grande centrale photovoltaïque de France a été mise en service en 2021 à Marveille dans la Meuse. Elle est installée sur 155 hectares et devrait produire 156GWh/an (équivalent à la consommation moyenne de 80 000 habitants soit 2 fois la population de Bourg-en-Bresse)

## Soutien financier

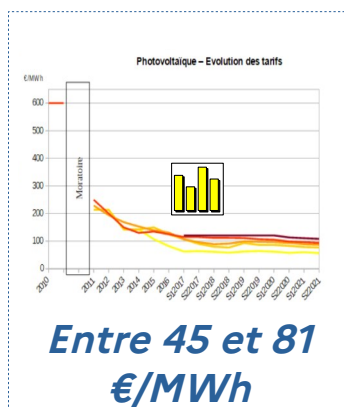
La France a mis en place des dispositifs de soutien (tarif d'achat ou complément de rémunération) pour accompagner le déploiement des énergies renouvelables et leur compétitivité. Ainsi, depuis 2017, l'État a soutenu par appel d'offres plus de 10 GW de nouveaux projets d'énergie renouvelable, en majorité des projets d'installations photovoltaïques. Il prévoit de poursuivre cet engagement en programmant d'ici à 2028 de 3 à 5 Md€ de soutien public annuel pour des projets d'énergies renouvelables électriques.

**Augmentation du plafond à 500 kW pour le soutien en guichet ouvert**

En particulier, depuis octobre 2021, l'État facilite le développement de projets sur bâtiment en augmentant par cinq le plafond de puissance permettant de bénéficier d'un soutien en guichet ouvert (sans mise en concurrence).

Ce relèvement de plafond a eu des conséquences très concrètes et a entraîné une augmentation significative des demandes de raccordements : dans certains territoires, la moitié des demandes ont été faites sur les 2 derniers mois de l'année 2021.

## Coût



Le prix moyen proposé par les lauréats de la première période de l'appel d'offres pluriannuels 2021-2026 pour les installations au sol est de 59 €/MWh. Le tarif du photovoltaïque décroît généralement légèrement en moyenne à chaque appel d'offres de la CRE. Le prix de rachat de l'électricité pour les projets photovoltaïques au sol sont désormais très proches de ceux du marché de l'électricité. C'est une des énergies électriques les moins chères.

En 2030, le coût de production pourrait être compris entre 35 et 62 €/MWh. La parité réseau a même été atteinte sur de nombreux marchés européens, depuis 2017 en Espagne puis en Italie. Le record mondial de 11 €/MWh a été établi en 2020 au Portugal.

### Parité Réseau :

*La parité réseau est atteinte lorsque le coût de production du kWh est équivalent au coût d'achat de l'électricité au détail. On considère alors que cette source d'électricité devient suffisamment compétitive pour se développer sans subvention ou soutien de l'État.*

## Vers une autonomie financière

**En 2020  
12 contrats  
765 GWh**

La diminution des coûts permet à certains grands projets au sol de se développer sans le soutien de l'État. Des entreprises, passent des contrats de gré à gré pour se fournir en énergie directement auprès d'exploitants d'installations renouvelables. Cela permet un approvisionnement local, décarboné et sécurisé.

Par exemple, le groupe Aéroport De Paris s'est engagé à acheter pendant 21 ans la production d'électricité de trois parcs solaires photovoltaïques. Au total, ce sont 40 hectares qui seront aménagés dans différents départements pour une production de 47 GWh/an.

Depuis plusieurs années, certains territoires lancent des initiatives pour développer les contrats d'achat d'électricité photovoltaïque de gré à gré.

# Territoires et Acceptabilité

## Emploi local

**2500 emplois  
en AURA**

Le [rapport publié par France Territoire Solaire en 2022](#), avec le soutien du Syndicat des Energies Renouvelables : "Une nouvelle ère énergétique" estimait que le photovoltaïque représentait plus de 52 000 emplois directs et indirects en France à l'horizon 2030 avec notamment des secteurs en progression comme ceux liés aux études et à l'exploitation.

Le diagnostic régional de la précédente étude publiée en 2020 a fait ressortir, malgré la concurrence asiatique et un manque de main d'œuvre qualifié dans la région, une filière en fort développement en ARA avec un réel savoir-faire dans la fabrication qui représente plus de 2500 emplois et qui pourrait atteindre 4400 emplois en 2028.

De plus, localement, une usine de recyclage de panneaux photovoltaïques va s'installer près de La Mure, en Isère. Cette usine permettra de recycler 3 000 tonnes de panneaux solaires par an et devrait créer une trentaine d'emplois d'ici à 2023.

## Retombées économiques



**10,5 M€  
de retombées fiscales  
en ARA**

L'[étude régionalisée du Syndicat des Énergies Renouvelables](#) publiée en 2020 sur l'impact économique et les perspectives des énergies renouvelables estime que le développement du solaire photovoltaïque a engendré en 2019, 1 388 millions d'euros de valeur ajoutée brute dont 201 millions d'euros en Auvergne-Rhône-Alpes et devrait engendrer en 2028, plus de 2 120 millions d'euros de valeur ajoutée brute uniquement dont 327 millions d'euro localement.

Cette même étude indique que les retombées fiscales pour le solaire photovoltaïque étaient de 952,8 millions d'euros en France dont 861 provenant de la fiscalité directe, indirecte et TVA pour l'État et 10,5 pour la région Auvergne-Rhône-Alpes provenant de la fiscalité au niveau local. Ces retombées devraient atteindre, en 2028, plus de 1 696 millions pour la France dont 54 millions localement.

## Opportunités de territoires

**Fin 2021  
43 projets  
citoyens PV  
installés en  
AURA pour  
13,9MW**

De nombreuses collectivités s'orientent vers l'installation de panneaux solaires sur leur patrimoine afin de contribuer très concrètement à la transition énergétique et optimiser leur autonomie tout en maîtrisant davantage leurs factures énergétiques (maîtrise à plus long terme sur l'équipement (investissement et rendement de production) ou sur la facture d'électricité (choix de l'autoconsommation, avec ou sans revente du surplus, ou de la vente totale de l'électricité produite)).

En novembre 2021, l'État a annoncé 10 mesures pour favoriser le développement des énergies renouvelables citoyennes. Ces projets créent des dynamiques locales, une adhésion plus forte aux projets énergétiques, tout en générant des retombées locales supérieures aux projets classiques. En effet, on estime que pour 1€ investit, 2,5€ profitent au territoire.

### Témoignage de Toi et Toits (Ambert – 63) :

*L'idée a germé en 2018 à Marsac-en-Livradois, petite commune de 1500 habitants. Un groupement de citoyen se réunit en association pour accompagner le territoire dans la transition énergétique sans attendre les élus. Le projet est d'investir dans la production d'électricité via la pose de panneaux photovoltaïques.*

*Au cours de l'année 2020, le collectif Toi et Toits s'est regroupé sous forme d'une société coopérative d'intérêt collectif par actions simplifiées avec 19 sociétaires.*

*En 2021, le groupe financier a proposé un plan de financement de 500 K€ pour 8 toitures dont 10 % d'autofinancement, 25 % subvention et 65 % emprunt.*

*La première toiture de 9kWc a été raccordé au réseau le 10 mars 2022 .*

*À ce jour, la SCIC regroupe 92 sociétaires dont 8 collectivités locales pour un capital de 45 550 € et 14 000 € de chiffre d'affaire.*

*Toi et Toits met en place une démarche collective, locale non spéculative qui donne la priorité à l'investissement local avec une gestion participative et transparente dans le respect de l'environnement et la réduction des consommations d'énergie.*

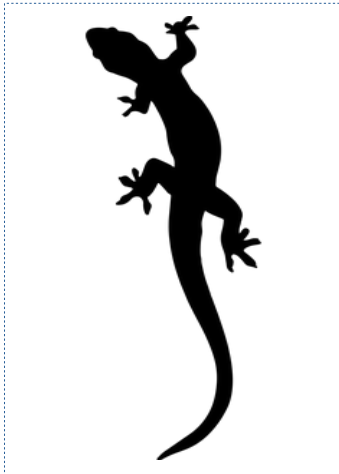




# Impacts

Les installations photovoltaïques sont encadrées par le Code de l'urbanisme et par le Code de l'environnement pour les plus importantes. En fonction de la puissance de l'installation et de son type d'implantation, les projets sont soumis, à différentes démarches administratives : déclaration préalable de travaux ou permis de construire, et peuvent être soumises à étude d'impact et enquête publique.

## Impact sur la biodiversité



En novembre 2021, la ministre de la Transition écologique a annoncé, dans le cadre des 10 mesures pour accélérer le photovoltaïque, le lancement d'une étude approfondie pour mieux quantifier l'impact des installations photovoltaïques sur la biodiversité. .

Les études récentes (ENERPLAN/SER avec une première phase sur 111 parcs au sol et une deuxième phase entamée à l'échelle nationale et OFATE sur 75 parcs en Allemagne) viennent nuancer et éclairer les connaissances, et mettent en évidence des impacts variables :

- bilan environnemental plus favorable sur des sites dégradés
- effets variables selon les composantes biologiques étudiées : flore, papillons de jour, reptiles, oiseaux
- maintien de certains habitats ouverts qui peuvent constituer, lorsque les installations sont gérées de façon à favoriser la biodiversité, des espaces relais entre deux réservoirs de biodiversité

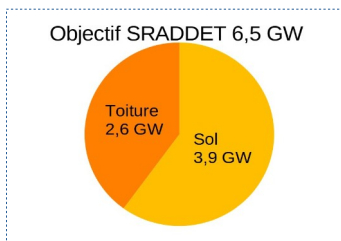
Les dispositions constructives peuvent avoir un impact positif :

- distance inter-rangée suffisante bénéfique pour les oiseaux nicheurs, reptiles et insectes
- hauteur plus importante permettant l'espacement des entretois et donc la diminution du dérangement.

Des études menées aux Etats-Unis et aux Pays-Bas ont montré que des grandes centrales au sol permettraient de lutter contre l'effondrement des populations d'insectes et rendrait de nombreux autres services aux écosystèmes environnants.

## Impact sur la mobilisation foncière

Les installations au sol mobilisent de l'espace mais restent des installations réversibles. Par ailleurs, via ses dispositifs de soutien l'État favorise/oriente les projets photovoltaïques en toitures de bâtiments et sur des sites déjà dégradés ou artificialisés.



Sur les bâtiments, la technologie photovoltaïque est facilement modulable et peut être déployée partout et notamment en ville. Cependant le développement du photovoltaïque sur toiture, plus diffus, est plus lent et plus coûteux (environ 1,5 fois plus important que pour les coûts des investissements initiaux – source : CRE 2019) et implique un développement complémentaire d'installations au sol pour envisager l'atteinte des objectifs dans les délais impartis.

Le SRADDET fixe un objectif de 6,5 GW, si on estime que 2,6 GW s'implanteraient sur toitures ou ombrières, le développement de projets au sol représenterait 3,9 GW soit 3900 hectares (moins de 0,05 % de la surface régionale (1ha de PV au sol équivaut à 1MW)) dont une grande partie sur des terrains dégradés peu propices à d'autres activités.

## Impact sur les ressources

Une étude publiée en 2019 par l'ADEME confirme que les panneaux photovoltaïques installés en France ne contiennent pas de terres rares.

### Pas de terres rares

Cependant, au regard d'une demande croissante, d'autres ressources pourraient être sous tension ou nécessiter une vigilance particulière, par exemple :

- certains métaux disponibles en quantité limitée (l'argent et l'indium). Des études sont également en cours pour remplacer le plomb dans les soudures.
- le silicium, qui bien qu'il représente à peine 3% de la composition moyenne d'un panneau et soit issu du quartz (2ème minéral le plus présent sur Terre) pour devenir une ressource sous tension. L'évolution des technologies, de 2004 à 2020, a déjà permis de diviser par 4 l'utilisation du silicium pour la fabrication de modules.

#### Consommation matière première:

*Pourcentage de la production mondiale annuelle nécessaire à la production d'un système photovoltaïque de 4,5GW (puissance à raccorder chaque année pour atteindre 40GW soit l'objectif PPE médian) :*

- Acier : 0,013 %	- Argent : 0,42 %
- Aluminium : 0,086 %	- Silicium : 0,14%
- Verre : 0,0002 %	- Cuivre : 0,16 %

Compte tenu de l'essor du photovoltaïque et de la demande en matière première que cela entraîne, la filière devra continuer à s'adapter sur le long terme.

## Durée de vie

Les modules sont garantis pour produire au moins 80 % de leur puissance initiale pendant 20 ans. Certaines installations de plus de 30 ans fonctionnent encore très bien.


### 20 à 30 ans

Le changement des panneaux est souvent lié à :

- une optimisation financière (avec l'arrêt du soutien, de nouvelles voies de valorisation sont envisagées comme les contrats gré à gré),
- une perte de rendement
- à l'usure des composants (estimée à 30 ans avec 2 renouvellements d'onduleurs)

## Fin de vie

### Recyclable à 95%

Aujourd'hui, le taux de valorisation matière des panneaux solaires (le silicium, le verre ou l'aluminium) atteint 95 %. La mobilisation de l'ensemble de la filière doit se poursuivre pour mettre en place une économie circulaire encore plus efficace et ainsi progresser dans différents domaines (écoconception, recyclage et réemploi). Cf Fiche dédiée. 

Un éco-organisme (SOREN) chargé de la collecte et du traitement des panneaux photovoltaïques arrivés en fin de vie existe depuis 2015. Entre 2015 et 2021, plus de 18 000 tonnes de panneaux photovoltaïques ont été collectées. D'ici 2030, 150 000 tonnes de panneaux PV auront atteint leur vie de vie.

La première usine française entièrement dédiée au recyclage de panneaux photovoltaïques a été inaugurée en 2018 à Rousset dans les Bouches-du-Rhône et depuis, la montée en puissance de l'activité de recyclage des panneaux photovoltaïque continue en France et en Europe.



**PRÉFET  
DE LA RÉGION  
AUVERGNE-  
RHÔNE-ALPES**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

Direction régionale de l'environnement,  
de l'aménagement et du logement  
Auvergne-Rhône-Alpes

crédits photo : DREAL / Arnaud Buissou / Terra

FTPV2 – Idées reçues

