

Cartographie du potentiel photovoltaïque des toitures en Europe à l'aide d'une base de données au niveau du bâtiment

Mapping Europe's rooftop photovoltaic potential with a building-level database

Georgia Kakoulaki, Robert Kenny, Nigel Taylor, Ana Maria Gracia-Amillo, Sandor Szabo, Ana M. Martínez, Christian Thiel & Arnulf Jäger-Waldau (Joint Research Center, Ispra, Italie).

Nature Energy, volume 11, pages 324–333 (28 janvier 2026)

<https://www.nature.com/articles/s41560-025-01947-x>

Résumé, v2, Ch. Marée, avril 2026, #ZéroIA

Contenu

Extrait	1
Introduction	2
Méthodologie	2
Résultats	3
Implications	5
Conclusions	6
Disponibilité des données	7
Note personnelle	7
Et que prévoit la PPE 3 ?	8
Annexe : La base de données de Cythelia Energy	10

Extrait

Des chercheurs du Joint Research Centre (JRC¹) de la Commission européenne ont utilisé la base du modèle numérique européen du parc immobilier R2025, une base de données en accès libre, qui regroupe les 271 millions de bâtiments européens pour une surface totale de 37.370 kilomètres carrés.

À partir d'hypothèses très classiques — toitures plein sud, inclinaison à 20 %, etc. —, ils ont estimé que 10.000 de ces kilomètres carrés sont propices à la production d'électricité solaire. *“Les résultats montrent que la capacité potentielle pourrait atteindre 2,3 TWc (1 822 GWc pour le résidentiel et 519 GWc pour le non résidentiel), avec une production annuelle de 2 750 TWh basée sur la technologie photovoltaïque actuelle.”*

¹ https://commission.europa.eu/about/departments-and-executive-agencies/joint-research-centre_en?prefLang=fr

Cette base de données ainsi équipée “offre des outils pratiques pour faciliter la prise de décisions éclairées, accélérer l'adoption des énergies renouvelables et promouvoir un système énergétique plus décentralisé.”

Introduction

“Dans l'Union européenne, les bâtiments figurent parmi les plus gros consommateurs d'énergie, représentant environ 42 % de la consommation énergétique et 36 % des émissions de gaz à effet de serre liées à l'énergie. Pour atteindre l'objectif de neutralité climatique de l'Union européenne d'ici 2050¹, [d'](#) importantes rénovations du parc immobilier seront nécessaires, car 85 à 95 % de ce parc devrait rester en service d'ici 2050. Ceci offre l'opportunité d'intégrer des installations photovoltaïques aux rénovations, améliorant ainsi simultanément l'efficacité et l'autonomie énergétiques des bâtiments”.

“L'installation de panneaux photovoltaïques en toiture présente de nombreux avantages, notamment la réduction des émissions de CO₂, un meilleur refroidissement des toitures (en combinaison avec des toitures fraîches ou végétalisées), une réduction immédiate des factures d'énergie et une augmentation de la valeur des biens immobiliers. Accélérer le déploiement des panneaux photovoltaïques en toiture devrait donc être une priorité pour les décideurs politiques.”

“La directive révisée sur la performance énergétique des bâtiments (DPEB, 2024) vise à mettre l'Europe sur la voie d'un parc immobilier entièrement décarboné d'ici 2050.”

“L'Initiative européenne pour les toitures solaires a introduit des dispositions permettant un déploiement à grande échelle du photovoltaïque en toiture. Celles-ci prévoient notamment l'obligation d'installer des technologies solaires photovoltaïques en toiture lorsque cela est techniquement, économiquement et fonctionnellement faisable pour les bâtiments non résidentiels (BNR), publics et commerciaux, d'une surface de plancher supérieure à 250 m² à partir de 2027, et pour tous les nouveaux bâtiments résidentiels (BR) à partir de 2030.”

Méthodologie

Dans la base de données, on dispose pour chaque bâtiment de son âge, de son usage (résidentiel/non résidentiel), de la surface plancher et de la hauteur.

“ (...) dans la méthodologie présentée ici, tous les systèmes photovoltaïques ont été modélisés comme des supports orientés au sud, composés de modules inclinés à 20°. Une surface couverte

de 25 % et 40 % de la surface au sol totale disponible du bâtiment est considérée comme appropriée pour les installations photovoltaïques sur les bâtiments (...).”

“Les données en accès libre sur les types de toitures étant indisponibles ou incomplètes selon les pays (OpenStreetMap n'offrant qu'une couverture de 6 % au niveau de l'UE), les simplifications importantes suivantes ont été apportées : (1) tous les bâtiments résidentiels ont été modélisés avec une toiture inclinée à 20° orientée au sud. Les installations photovoltaïques ont été limitées à 25 % de la surface totale des toitures, comme décrit dans Rodríguez et al.² et Bódis et al.³, (2) tous les bâtiments non résidentiels ont été modélisés comme ayant un toit plat (la plupart des bâtiments commerciaux ont effectivement des toits plats), mais dans ce cas, les installations PV ont été fixées à 40 % de la surface totale du toit, comme décrit dans Mainzer et al.⁴ et Ghaleb et al.⁵”

(...)

“Un rendement de 22 % est retenu pour chaque module [Photovoltaïque].”

Résultats

“(…) La surface de toiture adaptée aux installations photovoltaïques est nettement inférieure à la surface au sol. (...) Il en résulte environ 10 000 km² de surface utilisable pour les installations photovoltaïques en toiture dans l'Union européenne (...)”. Ce qu’illustre la figure n° 2 à la page suivante.

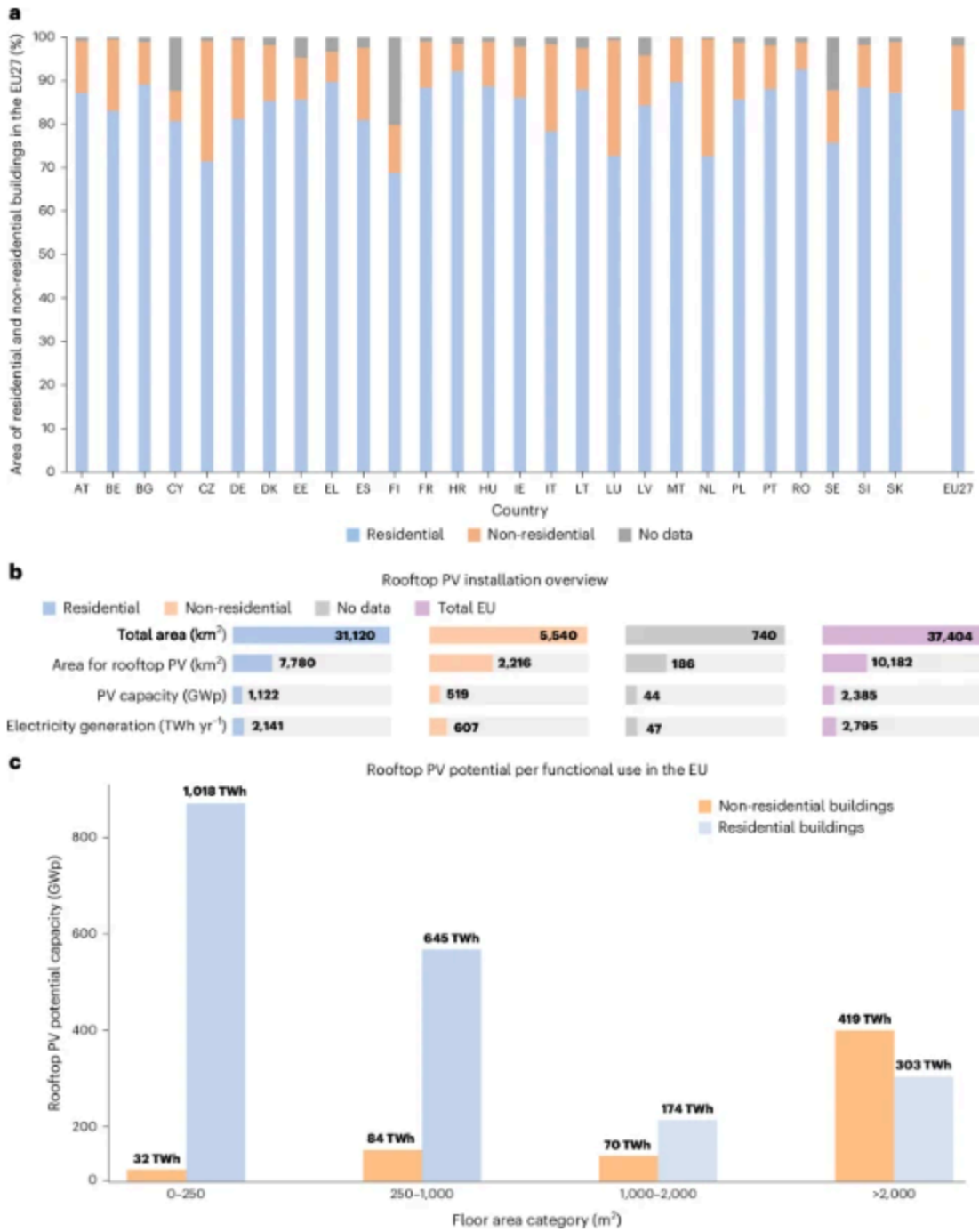
² Romero Rodríguez, L., Duminil, E., Sánchez Ramos, J. & Eicker, U. Assessment of the photovoltaic potential at urban level based on 3D city models: a case study and new methodological approach. *Solar Energy* 146, 264–275 (2017)

³ Bódis, K., Kougias, I., Jäger-Waldau, A., Taylor, N. & Szabó, S. A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union. *Renewable Sustain. Energy Rev.* 114, 109309 (2019).

⁴ Mainzer, K. et al. A high-resolution determination of the technical potential for residential-roof-mounted photovoltaic systems in germany. *Solar Energy* 105, 715–731 (2014).

⁵ Ghaleb, B. & Asif, M. Application of solar PV in commercial buildings: utilizability of rooftops. *Energy Build.* 257, 111774 (2022).

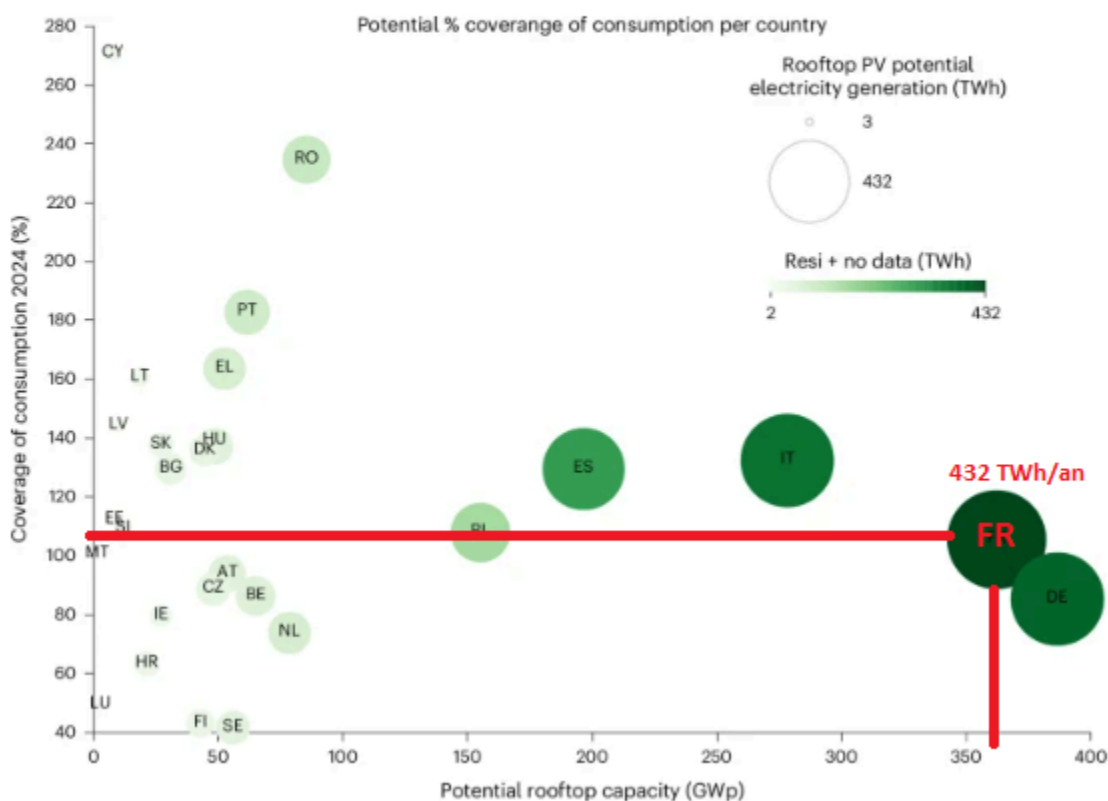
Fig. 2 : Disponibilité de la surface des toits et potentiel photovoltaïque des toits dans l'Union européenne.



On obtient un potentiel de respectivement 1 822 GWc (2 141 TWh) et 519 GWc (607 TWh) pour le résidentiel et le non résidentiel.

Dans la figure n° 4 de la page suivante, **pour la France, le potentiel photovoltaïque en toiture est de 360 GWc (432 TWh), couvrant donc 100% de la consommation totale en électricité.**

Fig. 4 : Diagramme de dispersion illustrant le rapport entre la production potentielle d'électricité photovoltaïque sur le toit et la consommation finale actuelle d'électricité pour chaque MS, tracé en fonction de la capacité technique installée sur le toit GWc.



NB : les surcharges en rouge sont de moi.

Implications

“Permettant de calculer la capacité potentielle totale, le DBSM constitue un outil précieux pour identifier les domaines prioritaires et planifier le développement futur de l'énergie photovoltaïque en toiture.”

“(…), l'Initiative européenne pour l'énergie solaire en toiture rend obligatoire l'installation de panneaux photovoltaïques sur les bâtiments commerciaux et publics à partir de 2026. Ces données suggèrent qu'il serait logique de privilégier les énergies renouvelables d'ici la fin de la

décennie. Ces bâtiments sont facilement identifiables dans le DBSM R2025, aux niveaux national, régional et local.”

Conclusions

(...)

“DBSM fournit des informations détaillées sur la disponibilité des ressources solaires et les contraintes techniques, et permet aux acteurs concernés – entreprises de services publics, décideurs politiques et investisseurs – d’identifier les sites optimaux pour les centrales photovoltaïques de grande envergure, les installations en toiture, les projets communautaires ou les systèmes photovoltaïques intégrés aux bâtiments.

Cette évaluation quantifie la production photovoltaïque en toiture pour les bâtiments résidentiels et non résidentiels, bâtiment par bâtiment, sur l’ensemble du territoire de l’Union européenne, et met à disposition du public la base de données et le code source. **Les utilisateurs bénéficient ainsi d’une grande flexibilité pour adapter leur analyse à toute option technique ou échelle géographique souhaitée.**”

(...)

Ces estimations indiquent un potentiel technique de 2 340 GWc pour les installations photovoltaïques en toiture à l’échelle de l’UE, compte tenu des niveaux d’efficacité actuels des modules, permettant de produire environ 2 750 TWh/an”.

(...)

“Ces résultats concordent avec les conclusions de Molnár et al.⁽⁶⁾, qui ont estimé le potentiel de production d’électricité des installations photovoltaïques en toiture à environ 2 700 TWh/an (...).

(...)

“Cette étude apporte une résolution et un code open source basés sur les bâtiments, permettant des analyses ascendantes entièrement reproductibles, des bâtiments individuels aux quartiers, aux villes et jusqu’aux évaluations à l’échelle du continent. **Les avantages d’un effort accru pour exploiter le potentiel des toitures sont manifestes.** Les résultats montrent que, dès 2030, plus de 50 % de la capacité photovoltaïque prévue dans les plans individuels des pays de l’UE pourraient, dans la plupart des cas, être satisfaite par la seule installation photovoltaïque sur les toitures non résidentielles.”

(...)

“**Cette analyse est considérée comme prudente**, tant en termes de pourcentage de surface de toiture jugée adaptée à l’installation de panneaux photovoltaïques que de densité de puissance, cette dernière étant largement déterminée par le rendement des modules. De plus, bien que l’orientation la plus favorable (plein sud) pour les systèmes photovoltaïques soit privilégiée, **une**

⁶ Molnár, G., Cabeza, L. F., Chatterjee, S. & Ürge Vorsatz, D. Modelling the building-related photovoltaic power production potential in the light of the EU’s solar rooftop initiative. *Appl. Energy* 360, 122708 (2024).

analyse prenant en compte des orientations moins favorables (est ou ouest) a montré une réduction maximale de 15 % de la production d'électricité par rapport au cas idéal (plein sud)."

(...)

"Cette étude souligne également l'importance du photovoltaïque en toiture pour l'équité et la participation citoyenne dans la transition énergétique de l'UE. Les bâtiments résidentiels représentent la plus grande part du parc immobilier total (de 87 % à 97 % selon les pays). Les bâtiments non résidentiels, avec leur surface au sol plus importante, offrent des opportunités considérables, les obstacles administratifs à l'installation de panneaux photovoltaïques en toiture étant moindres.

Disponibilité des données

"L'ensemble de données DBSM R2025, contenant des informations au niveau du bâtiment pour chaque pays de l'UE, est disponible au téléchargement sous forme de GeoPackage pour chaque pays de l'UE sur le catalogue de données du JRC à l' [adresse](https://data.jrc.ec.europa.eu/collection/id-00382) <https://data.jrc.ec.europa.eu/collection/id-00382> . Les données sources sont fournies avec cet article."

Les données par pays sont accessibles ici :

https://jeodpp.jrc.ec.europa.eu/ftp/jrc-opendata/DBSM/DBSM_Europe_R2025/per-country/

Note personnelle

Cette analyse vient compléter et confirmer les avis du CNRS, de l'ADEME et du CNPN sur l'importance des réserves de surfaces à équiper en toitures. (7)

En annexe, nous rappelons les principes de la base de données française Cadastre solaire de Cythelia Energy, issue d'un travail combiné de l'IGN, ENEDIS et du CEREMA. Les résultats obtenus à partir de cette base de données sont conformes à l'analyse du JRC ci-dessus.

Ce sont des arguments décisifs pour contrer la déferlante industrielle dans les espaces naturels, agricoles et forestiers (enafs).

Cependant, il est utile de rappeler que la filière photovoltaïque invisibilise systématiquement les aspects négatifs de cette industrie, la rendant inappropriée pour lutter contre le péril climatique en cours, même pour des installations dans les milieux déjà anthropisés. Citons :

7

<https://coordo-nationale-photorevoltee.org/2025/10/24/surfaces-artificialisees-et-gisements-potentiels-pour-le-photovoltaïque/>

- une extraction de minerais basée sur l'appropriation des terres, le déplacement des populations, l'esclavage moderne, la pollution irréversible des sols, de l'air et de l'eau.
- Une fabrication à 90% en Chine, avec un mix énergétique basé sur le charbon et dans des conditions sociales effroyables.
- L'utilisation systématique de polymères PFAS particulièrement toxiques.
- L'impossibilité de réemploi et de réutilisation. Seul le recyclage est possible, mais seulement pour 10% des panneaux dans le monde. En France, seulement 60% des panneaux sont recyclés, et à un taux de seulement 85%, les polymères PFAS étant notamment mis en décharge.
- l'intermittence (les panneaux ne produisent pas la nuit, peu par mauvais temps et génèrent un formidable pic de puissance entre 12 et 14h) impose des moyens de stockage sous forme de batteries qui souffrent des mêmes inconvénients que les panneaux, en plus d'occuper beaucoup d'espaces.
- La gestion morcelée et diffuse du solaire exige de déployer des moyens colossaux pour renforcer le réseau (lignes THT, HT, enterrées, postes sources, systèmes électroniques de stabilisation du réseau).

Pour aller plus loin :

- la face cachée des EnR ⁽⁸⁾
- impacts des PFAS dans les centrales photovoltaïques ⁽⁹⁾

Et que prévoit la PPE 3 ?

En février 2026, le gouvernement a finalement publié la troisième version de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE 3), après moult pressions des lobbies du nucléaire et des EnR. Concernant le PV, **le gouvernement continue de promouvoir l'installation des centrales industrielles dans les enafs** (espaces naturels, agricoles et forestiers), comme l'explique le tableau suivant :

8

<https://coordo-nationale-photorevoltee.org/wp-content/uploads/2025/12/La-face-cachee-des-energies-renouvelables-v7-20251204.pdf>

9

<https://coordo-nationale-photorevoltee.org/wp-content/uploads/2026/03/Impacts-des-PFAS-dans-les-centrales-photovoltaïques-V5-1.pdf>

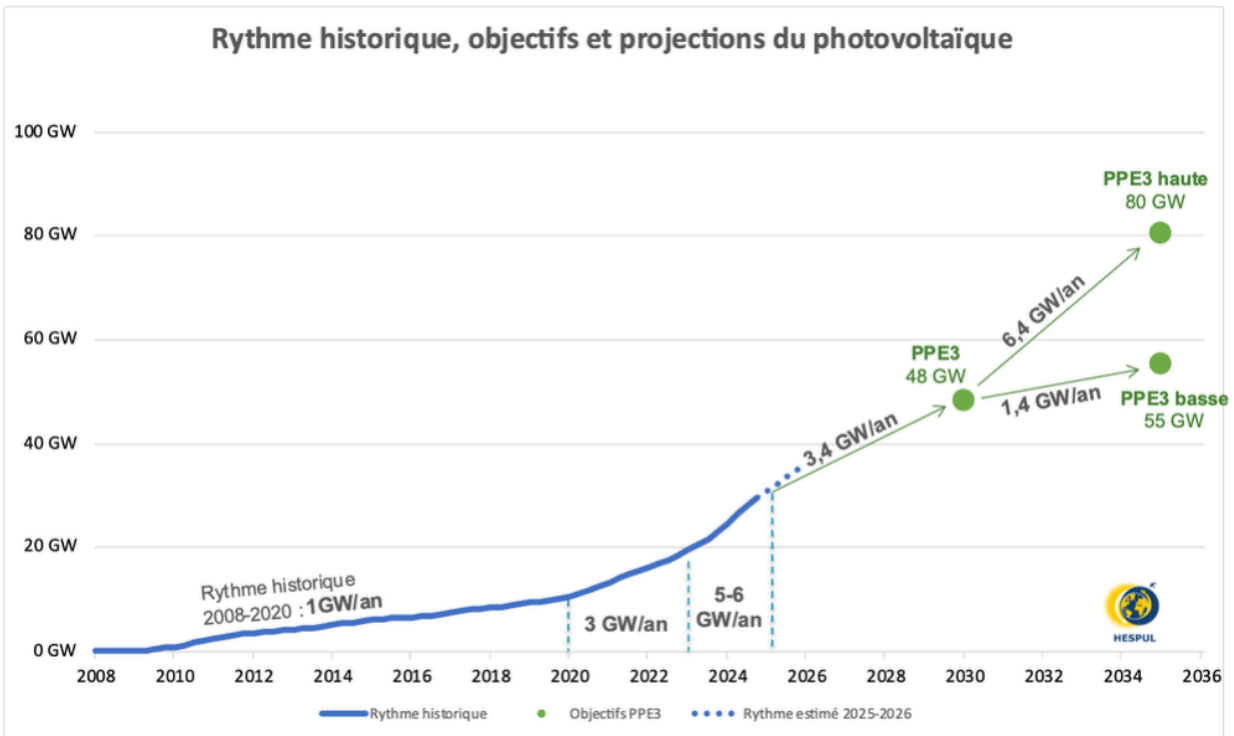
Tableau des installations entre 2026 et 2035

		2030	2035 (basse)	2035 (haute)
Objectifs (GW)		48	55	80
A installer (GW)		18,7	25,7	50,7
Petites et moyennes toitures	41%	7,7	10,5	20,8
Grandes installations en toitures	16%	3,0	4,1	8,1
Petites installations au sol (<3 MWc)	5%	0,9	1,3	2,5
Grandes installations au sol*	38%	7,1	9,8	19,3

* La part exacte de l'agrivoltaïsme dans cet objectif reste à affiner, en fonction des possibilités de déploiement de ces installations, des autres installations photovoltaïques et des besoins du monde agricole

NB : les petites installations au sol de moins de 3 MWc ne sont plus sujettes à permis de construire ⁽¹⁰⁾, de quoi faciliter les implantations destructrices des opérateurs industriels...

La figure suivante illustre l'évolution du rythme d'installation ⁽¹¹⁾ depuis 2008 :



¹⁰ Depuis le 13 novembre 2024 :

<https://www.photovoltaïque.info/fr/realiser-une-installation/demarches-administratives/autorisations-durbanisme/installations-au-sol/>

¹¹

<https://reseaux.photovoltaïque.info/fr/atteindre-les-objectifs-enr/engagements-nationaux-et-europeens/les-objectifs-en-vigueur/la-ppe3-a-partir-de-2026/>

Sachant que fin 2025, environ 29 GW de puissance électrique photovoltaïque ont été installés en France, le gouvernement propose d'installer 19 GW supplémentaires en 5 ans, puis entre 7 et 32 GW sur les 5 années suivantes. Et sans que rien ne le justifie, **43% de ces nouvelles centrales seront implantées dans les enafs**, soit 8 GW d'ici 2030 et entre 11 et 22 GW les 5 années suivantes. Cela correspond à une surface artificialisée sacrifiée sur 10 ans entre 38.000 ha et 60.000 ha, **en comptant 2 ha par MW installé** ⁽¹²⁾.

Nous constatons une nouvelle fois que le gouvernement français donne raison aux lobbies industriels, méprise le travail des scientifiques, accentue l'artificialisation des sols et condamne davantage la biodiversité.

Annexe : La base de données de Cythelia Energy

Elle est librement accessible à l'adresse <https://france-potentiel-solaire.cadastre-solaire.fr/>
Elle nous donne par commune, communauté de communes, département et région, la consommation effective, le potentiel des toitures et parkings et le parc solaire déjà installé. Cythelia offre des services pour aider les collectivités à construire les zones APER, en descendant au niveau de chaque bâtiment. <https://www.cadastre-solaire.fr/collectivite/>

La page <https://www.cadastre-solaire.fr/plateforme-france-potentiel-solaire/> donne de nombreuses informations sur la modélisation, qui est nettement plus sophistiquée que dans la base européenne DBMS R2025.

Calcul des ombrages

“La représentation 3D du territoire est la matière première pour le calcul de potentiel. Nous basons nos calculs d'ombrage sur les dernières données IGN d'une résolution de 25 cm en planimétrie. Tous les éléments propres à la toiture (cheminée, chien assis, édicule, etc.) et environnants (arbres, autres bâtiments, relief) sont pris en compte.”

Energie solaire reçue par chaque m² de toiture et parking

¹² C'est une estimation, mais on peut être nettement plus haut si on prend en compte les OLD, les pistes d'accès, le raccordement au poste source et certaines mesures destructrices de compensation. Voir par exemple <https://gnsafrance.org/wp-content/uploads/2024/12/gnsa-anb-estimation-des-surfaces-impactees-par-les-central-es-industrielles.pdf>

“Nous modélisons la course du soleil heure par heure sur chaque mois de l’année, en prenant en compte les ombrages calculés à l’étape 1. Les données météorologiques de référence, prenant en compte la couverture nuageuse et la diffusion des rayons du soleil par l’atmosphère, sont utilisées pour évaluer le potentiel solaire de chaque m² de toiture et de parking.”

Potentiel solaire du territoire

“Pour chaque bâtiment ou parking, nous calculons le potentiel photovoltaïque (en puissance et en énergie annuelle), en ne retenant que la surface propice à l’installation de panneaux photovoltaïques.

Les données de potentiel solaire sont agrégées à l’échelle de chaque territoire et détaillées par type d’activité et par niveau de puissance. Vous disposez ainsi de données précises sur votre territoire, particulièrement utiles pour la planification énergétique territoriale.”