

ENERGIE SOLAIRE ; POUR EN FINIR AVEC LES IDÉES REÇUES

Source : Alain Grandjean et Damien Salel

Nous reprenons ci-après le texte d'Alain Grandjean, économiste, et de Damien Salel, expert photovoltaïque et réseaux électriques, intitulé : « Énergie solaire : pour en finir avec les idées reçues ».

La guerre en Ukraine nous rappelle que notre dépendance aux énergies fossiles, principale source du changement climatique, est en outre une grave faiblesse géopolitique et stratégique. Il faut tout faire pour en sortir vite, à commencer par la réduction de notre consommation d'énergie mais le recours aux sources décarbonées, dont le solaire, est incontournable. Dans les quinze prochaines années, en France, les seules technologies capables de produire de manière opérationnelle de l'électricité bas-carbone sont les énergies renouvelables.

Le mouvement est mondial. L'énergie solaire croît de manière rapide dans le monde (de l'ordre de 20 % par an). À ce jour, la puissance installée en solaire PV est de l'ordre de 1 TW. Si elle ne représente toujours qu'une part modeste du bouquet électrique mondial (1 021 TWh en 2021, soit 3,7 % des 27 600 TWh consommés au niveau mondial¹), son potentiel pour décarboner notre énergie est très significatif. Dans son dernier rapport² le GIEC confirme que l'éolien et le solaire sont les 2 technologies qui présentent le potentiel le plus élevé pour réduire les émissions de gaz à effet de serre à coût modéré dans le monde à l'horizon 2030.

Ce sont de l'ordre de 3 TW qui pourraient être installés dans les années 2030³ (ce qui, même avec un facteur de charge de 15 % représentent de l'ordre de 14 % de la consommation annuelle mondiale d'électricité en 2021).

Pour autant certaines prises de position critiquant les énergies renouvelables pourraient nuire à l'ambition que la France pourrait se donner et ralentir le rythme des installations qu'il faut contrairement accélérer. Il serait absurde que le potentiel de l'énergie solaire ne soit pas exploité aussi rapidement que possible dans tous les pays et en France en particulier, et ce pour des raisons injustifiées au plan scientifique et économique. En particulier toute idée de moratoire est à la fois dangereuse au plan géopolitique et absurde au plan climatique. Elle pourrait en outre donner des justifications globales à des oppositions locales, telles qu'on en connaît pour l'éolien, qui sont souvent l'expression de contestation motivée en fait par des intérêts particuliers ou à l'inverse très politicienne.

Nous devons au contraire accroître le rythme d'installation, qui a été de 2,7 GW en 2021⁴ et qui devrait doubler rapidement. Le parc solaire à fin 2021 est en effet de 13,5 GW.

¹ Voir <https://ember-climate.org/data/data-explorer/>

² Voir <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/figure-SPM7>, page 63.

³ https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf

⁴ <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/renouvelables-en-2021-niveau-record-de-raccordement-en-france-surtout-pour-le-solaire-1388095>

ENERGIE SOLAIRE : POUR EN FINIR AVEC LES IDÉES REÇUES

La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) prévoyait que 20 GW soient installés en 2023 et entre 35 et 44 GW le soient en 2028¹. Nous avons donc pris du retard par rapport à nos propres objectifs. La cible à 2050 se situe entre 100 GW (le minimum qu'a retenu le candidat Emmanuel Macron dans son discours de Belfort) et 200 GW, puissances envisagées dans les scénarios prospectifs sur la table actuellement. Mais c'est dans les 10 à 15 ans qui viennent qu'il faut mettre le coup de collier.

La France, pays de Descartes, se doit d'en finir avec des idées reçues qui ne résistent pas à l'analyse. C'est le but de cette note. Nous n'allons pas ici viser l'exhaustivité mais nous limiter aux arguments les plus rabâchés et qui créent du doute dans les esprits a priori ouverts. Nous renvoyons au site Solaire PV² pour une analyse plus complète et à un guide³ préparé par des chercheurs et des chercheuses du CNRS et de la Fédération de recherche du Photovoltaïque.

1. L'intermittence de l'énergie solaire poserait des problèmes insurmontables au réseau électrique sauf à recourir à plus de gaz fossile. En particulier l'absence de production d'énergie solaire la nuit serait rédhibitoire.

La part actuelle des énergies électriques dites intermittentes (éolien et solaire) est de moins de 10 % dans le bouquet électrique. Il y a donc une marge considérable avant qu'elle n'atteigne des niveaux qui seraient aujourd'hui préoccupants (qui sont bien au-delà de 50 % de part dans le bouquet). En particulier le fait que le solaire ne produise pas la nuit ne pose aujourd'hui strictement aucun problème, c'est une période creuse et où les ménages sont incités à faire chauffer leur eau dans les ballons électriques et à faire tourner leurs machines. Rappelons aussi que nous disposons d'une forte quantité d'hydroélectrique modulable et que le nucléaire est modulable.

Quant au gaz fossile dans le réseau on pourrait s'en passer sans difficulté technique. Le problème français actuel c'est plutôt le fait que les centrales nucléaires connaissent des difficultés et ne produisent pas suffisamment par rapport à leur potentiel théorique.

Nous allons voir au point suivant comment s'anticipe une situation où la part des ENR serait beaucoup plus élevée.

2. L'énergie solaire ne serait pas compétitive dès lors qu'on prend en compte « son vrai coût » qui doit intégrer le coût des réseaux à construire ou renforcer et le coût à engager pour gérer son intermittence.

Le coût de production de l'électricité solaire sur parc au sol se tient, au niveau mondial, dans une fourchette de 20 à 50 dollars le MWh ; c'est la technologie qui délivre le MWh au coût le plus bas au monde. En France, les coûts vont de 50 €/MWh pour une centrale au sol à 160 €/MWh pour une petite installation résidentielle en toiture⁴. Tous ces coûts sont décroissants à terme.

Nous avons vu qu'à ce stade en France aucun coût additionnel n'est à prévoir. Le coût de raccordement au réseau est intégré dans le chiffrage ci-dessus et le réseau est adapté à un niveau encore faible d'énergies intermittentes. À terme, dans les années 2040, une place très significative qui leur serait faite nécessite d'adapter le système électrique pour que la fréquence reste stable et qu'il soit assez flexible pour garantir en permanence l'égalité offre-demande.

¹ <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energies-renouvelables-2021/4-objectifs-dans-le-cadre-de>

² <https://solairepv.fr/>

³ *Le solaire photovoltaïque en France : réalité, potentiel et défis*, <https://solairepv.fr/wp-content/uploads/SolairePVEnFrance.pdf>

⁴ Le solaire en toiture est certes plus coûteux mais il est apprécié des citoyens, qui voient notamment dans l'autoconsommation un moyen de s'approprier les questions énergétiques. Au 1^{er} juillet 2021, la France comptait plus de 120 000 autoconsommateurs individuels, ce qui représente une augmentation de 55 % en un an et de 134 % en deux ans. Voir <https://www.actu-environnement.com/ae/news/autoconsommation-solaire-ouvre-de-nouvelles-perspectives-38209.php4#:~:text=Au%201er%20juillet%202021,sont%20recens%C3%A9s%20dans%20le%20pays.>

ENERGIE SOLAIRE : POUR EN FINIR AVEC LES IDÉES REÇUES

Les adaptations à réaliser pour les enjeux de flexibilité sont bien identifiées : accroissement de l'interconnexion des réseaux européens, gestion de la demande électrique, développement des batteries, accroissement du parc de STEP, développement de gaz bas-carbone...

Pour la question de la stabilité, les études faites par l'AIE-RTE¹ et RTE permettent de définir la feuille de route à suivre². Rappelons ici qu'il s'agit d'un horizon à 15-20 ans qui laisse le temps d'investir³.

Le programme d'investissements à réaliser a été chiffré par RTE dans ces 6 scénarios⁴, et s'élèverait à un montant cumulé sur la période 2020-2060 de 90 à 150 milliards d'euros pour le réseau de transport et de 150 à 200 milliards pour le réseau de distribution, soit une fourchette annuelle de 6 à 9 milliards d'euros, pour un montant actuel du même ordre (environ 6 Mds répartis⁵ entre RTE et Enedis). Même le scénario M1 (100 % ENR) ne rend pas ce programme techniquement impossible ni beaucoup plus coûteux que le scénario N03 avec une part du nucléaire s'élevant à 50 %.

3. Le retour énergétique du solaire photovoltaïque serait négatif et son bilan carbone serait élevé, à cause des panneaux faits en Chine.

Il s'agit tout simplement de deux contre-vérités. Le temps de retour énergétique des panneaux PV est de l'ordre d'un an⁶. Développons le deuxième point. Les calculs les plus récents faits sur le cycle de vie du solaire photovoltaïque montre que son contenu en CO₂ (appelé facteur d'émission, ou FE) est de l'ordre de 30 grammes de CO₂ par kWh⁷. Ce FE est un peu supérieur à ceux du nucléaire et de l'éolien (compris entre 5 et 20) mais est très satisfaisant et très largement suffisant pour permettre l'atteinte des objectifs de neutralité carbone. Rappelons que le contenu moyen de l'électricité française est de 60 gr CO₂ le kWh ; celui de l'électricité européenne est un peu supérieur à 300, celui de l'électricité à base de gaz fossile est de l'ordre de 400, et, si elle faite à base de charbon de l'ordre de 1 000. À terme, nous devons produire au niveau mondial une électricité dont le facteur d'émission ne devra pas dépasser 100 gr CO₂ par kWh. Le solaire est donc très bien placé sur ce plan.

4. L'énergie solaire ne se justifierait pas en France car l'énergie nucléaire est une solution moins carbonée et moins coûteuse. Elle n'éviterait pas de CO₂.

Indépendamment de toute décision administrative ou politique de fermeture (et donc de la loi qui fixe la part du nucléaire dans le mix électrique à 50 % en 2035), la production nucléaire dans les prochaines années va poursuivre sa décroissance et au mieux se stabiliser en-dessous de 350 TWh. Elle se situait entre 400 et 430 TWh dans les années 2000-2015⁸ et s'est limitée 335 TWh en 2021. Cette baisse ne s'explique par la fermeture de Fessenheim (11 TWh) mais par le cumul des arrêts de tranche dus aux travaux de grand carénage, aux pannes et problèmes de sûreté et aux visites décennales. EDF prévoit une production nucléaire comprise entre 300 et 330 TWh en 2022⁹. La mise en service de Flamanville (10 TWh au maximum) ne change pas la conclusion. Une relance du nucléaire non plus, les nouveaux EPR n'étant pas en service avant 2035 voire 2037.

¹ Voir https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-01/RTE-AIE_synthese%20ENR%20horizon%20202050_FR.pdf

² C'est pour cela que nous avons proposé le lancement d'un « grand carénage » du réseau, voir <https://blogs.alternatives-economiques.fr/alterco/2022/01/10/presidentielle-2022-les-enjeux-climat-de-l-electricite>

³ De nombreux travaux internationaux sont réalisés sur cette question; voir récemment ceux de l'AIE : Design and operation of energy systems with large amounts of variable generation: Final summary report, IEA Wind TCP Task 25. Cf <https://cris.vtt.fi/en/publications/design-and-operation-of-energy-systems-with-large-amounts-of-vari>

⁴ Voir https://assets.rte-france.com/prod/public/2022-03/BP50_Principaux%20re%CC%81sultats_fev2022_Chap10_reseaux.pdf, page 524

⁵ Voir <https://www.cre.fr/Electricite/Reseaux-d-electricite/Investissements>

⁶ Id.

⁷ Voir V. Fthenakis and E. Leccisi, Updated sustainability status of crystalline silicon-based photovoltaic systems: Life-cycle energy and environmental impact reduction trends, Prog. in Photovoltaics, 2021. <https://doi.org/10.1002/pip.3441>. Les travaux de Carbone 4 montrent que ce FE peut dans certains cas être compris dès aujourd'hui entre 10 et 20 grCO₂/ kWh. L'ADEME retient dans sa base carbone un chiffre plus élevé qui est simplement un peu ancien.

⁸ Voir https://bilan-electrique-2021.rte-france.com/production_nucleaire/

⁹ Fin mars 2022, 24 des 56 réacteurs sont arrêtés, du jamais vu, qui montre que trop miser sur une seule source d'énergie comporte des risques.

ENERGIE SOLAIRE : POUR EN FINIR AVEC LES IDÉES REÇUES

Quant à l'affirmation selon laquelle l'énergie solaire n'éviterait pas d'émissions de CO₂ elle est tout simplement fautive. D'une part, le réseau électrique étant interconnecté au niveau européen, elle évite des émissions chez nos voisins quand ils importent de l'électricité ; d'autre part le recours au solaire limite le recours au charbon et au gaz dans notre pays, du fait de la décroissance constatée du nucléaire. Une étude faite en 2020¹ a évalué les émissions solaires par le solaire à horizon 2030 à hauteur de 270 à 330 gCO₂/kWh. Certains experts regrettent qu'il n'y ait pas plus d'énergie nucléaire installée aujourd'hui, mais ce regret ne change rien aux faits.

Dès lors, il est trompeur d'opposer le solaire au nucléaire ; dans les prochaines années les seuls projets qui fourniront de l'électricité bas-carbone sont les projets d'ENR. Certes il est prioritaire de réduire notre consommation d'énergie ; mais il est irrationnel, alors que ces réductions se font difficilement et lentement, de se passer d'une énergie bas-carbone et peu coûteuse.

5. L'énergie solaire utiliserait des matériaux rares qui pourraient manquer dans les prochaines décennies.

La transition énergétique suppose de construire de nouvelles installations et de nouveaux équipements qui recourent à des matériaux rares. C'est aussi, et à plus grande échelle, le cas pour la « transition numérique ». En particulier la voiture électrique en est un gros utilisateur, indépendamment de la source d'électricité.

Il est donc légitime et même stratégique² de s'assurer que nous n'allons pas manquer de ces matériaux ou que nous n'allons pas en être aussi dépendants que des énergies fossiles. La Commission européenne a d'ailleurs lancé une Alliance des matières premières³ en 2020, suite à une étude prospective de criticité⁴. Concernant le solaire⁵, les modules en silicium (96 % du marché en 2021) utilisent actuellement deux métaux disponibles en quantité limitée : l'argent et le cuivre. Le bismuth est également envisagé pour remplacer le plomb dans les contacts (soudures). Mais des solutions technologiques existent pour limiter voire éviter l'usage de ces éléments, afin de permettre un développement industriel du photovoltaïque à l'échelle de plusieurs TW par an⁶. Pour ce qui est du silicium utilisé pour la fabrication, sa quantité a diminué de 16 g/W en 2004 à 3 g/W en 2020⁷.

Les technologies couches minces actuellement sur le marché (moins de 4 % en 2021) reposent sur l'utilisation de plusieurs métaux rares ; mais le développement actuel n'est pas limité par la disponibilité des ressources à court et moyen terme⁸.

6. Le solaire ne serait pas recyclable

La collecte et le traitement des modules photovoltaïques en fin de vie sont obligatoires et gérés par un éco-organisme, SOREN. En France, les modules sont ainsi valorisés à hauteur de 94 %⁹ en masse.

¹ Voir <https://www.enerplan.asso.fr/analyse-de-l-impact-climat-de-capacites-additionnelles-solaires-photovoltaïques-en-france-a-horizon-2030-avril-2020>

² Voir l'analyse de RTE, dans Futurs énergétiques 2050 – Chapitre 12 – Analyse environnementale

³ Voir <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>

⁴ <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42882>

⁵ La réponse s'inspire largement du document cité plus haut, note 3.

⁶ Yuchao Zhang et al. Design considerations for multi-terawatt scale manufacturing of existing and future photovoltaic technologies: challenges and opportunities related to silver, indium and bismuth consumption, Energy and Environmental Science, 2021, 14, 5587. Voir <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/ee/d1ee01814k>

⁷ Photovoltaics Report, Fraunhofer ISE, 27/07/2021. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>

⁸ Voir The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, IEA, World Energy Outlook Special Report, mai 2021. V. Fthenakis et al., Sustainability evaluation of CdTe PV: An update, Renewable and Sustainable Energy Reviews 123, 109776 (2020). Et Indium Availability for CIGS thin-film solar cells (2021) (<https://www.solliance.eu/2021/indium-availability-for-cigs-thin-film-solar-cells-in-europe/>)

⁹ <https://www.soren.eco/re-traitement-panneaux-solaires-photovoltaïques/>

ENERGIE SOLAIRE : POUR EN FINIR AVEC LES IDÉES REÇUES

Pour comparaison, ce chiffre est de 53 % pour les télévisions et ordinateurs et de 88 % pour le gros électroménager hors froid¹.

SOREN est financé par une éco-participation versée au moment de l'achat des modules photovoltaïques. Celui qui produit le déchet est donc également celui qui finance sa collecte et son traitement.

Bien que la quantité de modules à traiter soit encore faible, une filière de valorisation est donc déjà en place avec des performances supérieures à celles que l'on retrouve pour des biens de consommation courante. Mais il faut aller plus loin². Il nous faut nous emparer de ces enjeux et faire de l'économie circulaire un enjeu de souveraineté et un enjeu climatique³. Des marges de progression existent : aujourd'hui, si 94 % de la masse d'un module est valorisée, elle l'est en matériaux de moindre valeur⁴. De nouveaux procédés permettant de conserver la qualité et la valeur initiale des matériaux sont en cours d'industrialisation. L'usine de Rosi Solar devrait ainsi entrer en service au 4^e trimestre 2022 et traiter annuellement 3 000 tonnes de modules. Leur recyclage permettra de récupérer chaque année 90 tonnes de silicium et 3 tonnes d'argent⁵.

7. Le solaire serait responsable de l'artificialisation des sols

Quelques grands projets de parc solaire au sol suscitent de l'inquiétude au niveau local. Mais nous allons resituer ici les impacts possibles du solaire PV au niveau national. Rappelons d'abord que l'impact sur l'occupation des sols du système électrique dans son ensemble est très faible en proportion de l'artificialisation due aux autres équipements non énergétiques. Aujourd'hui, les infrastructures de l'ensemble du système électrique (hors réseau de distribution) représentent, avec environ 12 000 hectares artificialisés⁶ et moins de 3 000 hectares imperméabilisés, de l'ordre de 0,35 % des surfaces artificialisées en France et 0,2 % des surfaces imperméabilisées⁷. Par comparaison, les routes occupent 1 million d'ha.

À l'horizon 2050 les différents scénarios évoquent des productions d'électricité PV de l'ordre de 130 à 260 TWh⁸, répartis entre centrales au sol sur terres dégradées, carrières, friches, terres agricoles ou forestières, solaire sur grandes toitures-parkings ou autres, et sur petites toitures. Dans les différents scénarios étudiés par RTE, la surface nécessaire pour l'accueil des panneaux photovoltaïques au sol est estimée à une fourchette comprise entre 70 000 hectares (scénarios N2 et N03) et 200 000 hectares (scénario M0). Ces surfaces ne représentent que 0,1 % à 0,3 % du territoire.

Plus précisément, le potentiel sur le PV en toiture est d'au moins 125 TWh et le potentiel en friches industrielles ou ombrières de parking est de 69 TWh. De nouveaux modes d'implantation à l'étude, dont le potentiel n'a pas encore été estimé : en façade des bâtiments, en agrivoltaïsme⁹, en installation flottante... En outre ces estimations sont assez conservatrices sur les surfaces disponibles et sur les rendements des modules PV utilisés (de 20 % ou moins). Des rendements de modules PV de plus de 24 % ont déjà été démontrés avec des technologies industrielles et devraient être commercialisées d'ici

¹ <https://www.ecosystem.eco/fr/article/taux-recyclage>

² Voir Rapport de l'ADEME "Comment mener la filière photovoltaïque vers l'excellence environnementale?", 2021. <https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/4793-comment-mener-la-filiere-photovoltaïque-vers-l-excellence-environnementale-.html>

³ Voir la 8^{ème} proposition du programme climat, rédigé avec Farah Hariri <https://www.alternatives-economiques.fr/un-plan-climat-prochain-quinquennat/00100024>

⁴ <https://solairepv.fr/wp-content/uploads/SolairePVEnFrance.pdf>, p20

⁵ <https://www.pv-magazine.fr/2022/02/14/acteur-de-la-semaine-rosi-solar-lance-lindustrialisation-de-sa-technologie-de-recyclage/>

⁶ À mi-2021, le parc photovoltaïque au sol représentait environ 5 GW (installations sur ombrières de parkings non incluses), et occupait au total de l'ordre de 5 000 à 8 500 ha, avec une densité moyenne estimée entre 1 et 1,7 ha/MW. À terme les densités proposées sont de l'ordre de 10 à 20 km² pour 1 GW.

⁷ Surfaces artificialisées : 3,25 Mha selon Corine Land Cover ; 4,32 Mha selon Teruti-Lucas (valeur estimée pour le périmètre France métropolitaine) ; 3,52 Mha selon les fichiers fonciers (valeur estimée) Surfaces imperméabilisées : 1,9 Mha selon Teruti-Lucas (valeur estimée). Cf rapport RTE, page 594.

⁸ Voir aussi les travaux de l'Ademe (2015) sur le potentiel solaire à terme par types d'installations.

⁹ Voir par exemple sur le journal Le monde

ENERGIE SOLAIRE : POUR EN FINIR AVEC LES IDÉES REÇUES

quelques années. Cette augmentation des rendements amène le potentiel de production à au moins 240 TWh sur ces surfaces, ou à moins de surface si on vise moins de production.

Conclusion

Ce tour d'horizon des arguments les plus souvent évoqués pour décrédibiliser ou ralentir le développement du solaire PV montre qu'ils sont pour le moins discutables. Cela ne veut évidemment pas dire que le solaire soit une solution magique au défi climatique. Aucune source d'énergie bas-carbone ne l'est d'ailleurs à elle seule. La priorité à court terme est de réduire notre consommation d'énergie ; en parallèle nous devons décarboner notre bouquet énergétique, à commencer en France par les énergies non électriques¹. Dans la situation actuelle de dépendance aux énergies fossiles, le solaire a toute sa place, et constitue bien une partie de la solution, peu coûteuse, et par ailleurs plébiscitée par nos concitoyens.

Néanmoins il reste une question. Si le solaire a généré à ce jour 8 000 emplois en France², la grande majorité des modules solaires installés en France et en Europe est importée. Ainsi l'UE a importé en 2020 pour 8 milliards d'euros de modules (dont 75 % proviennent de la Chine)³.

Cette situation n'a rien de fatal ; elle résulte de choix politiques et commerciaux qui peuvent être remis en cause... et le sont. Des projets de gigafactories sont lancés en Europe⁴. SolarPowerEurope⁵, l'association des professionnels du secteur, se mobilise pour qu'une capacité de production photovoltaïque de 20 GW soit créée en Europe d'ici 2025, dans le cadre du Green Deal. Comme dans le domaine des batteries⁶ et dans celui des semi-conducteurs⁷ (dont le solaire a besoin !), l'Europe a les compétences humaines et les capacités technologiques et industrielles pour réussir dans des domaines où le poids de la main d'œuvre de production n'est pas décisif, du fait d'un niveau élevé de robotisation. En outre la France bénéficie d'une électricité bas-carbone. Plus profondément, des usines de semi-conducteurs⁸ (de pureté adaptée au solaire) devraient et pourraient être construites en France.

Le solaire est donc non seulement un élément de réponse à la double crise climatique et géostratégique due à notre dépendance aux fossiles. C'est aussi une opportunité de développement d'activités et de création d'emplois. Sachons accélérer la cadence et faire preuve de lucidité et de volonté.

¹ Voir par exemple nos propositions, <https://www.alternatives-economiques.fr/un-plan-climat-prochain-quinquennat/00100024>

² Marchés et emplois concourant à la transition énergétique dans le secteur des énergies renouvelables et de récupération, rapport de l'ADEME, juillet 2021. Cf [librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/4763-marches-et-emplois-concourant-a-la-transition-energetique-dans-le-secteur-des-energies-renouvelables-et-de-recuperation.html](https://www.librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/4763-marches-et-emplois-concourant-a-la-transition-energetique-dans-le-secteur-des-energies-renouvelables-et-de-recuperation.html)

³ Données Eurostat. Voir <https://www.pv-magazine.fr/2021/12/13/lue-a-enregistre-un-deficit-commercial-de-62-milliards-deuros-sur-les-panneaux-solaires-en-2020/>

⁴ Comme le projet Le projet TANGO d'ENEL Green Power <https://www.ines-solaire.org/news/projet-tango-enel-green-power-eu-innovation-fund/>. En France la société Carbon envisage de produire 5GW de modules en 2025. Cf <https://www.environnement-magazine.fr/energie/article/2022/03/03/138476/une-future-gigafactory-panneaux-solaires-france>

⁵ Voir <https://www.solarpowereurope.org/insights/market-outlooks/market-outlook>

⁶ Voir https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/QANDA_22_1257

⁷ Voir https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_21_3733

⁸ Voir la 10^{ème} proposition du programme climat cité ci-dessus, note 22.

Président / Directeur de la publication : Julien Elmaleh - **Directeur des rédactions du pôle industrie** : Emmanuel Duteil - **Rédacteur en chef** : Philippe Rodrigues (01 79 06 71 78 - 06 69 62 02 81) - **Rédacteurs** : Christelle Deschaseaux (01 79 06 71 75) - Mélanie Volland (01 79 06 71 73) - Eric Saudemont, chef de rubrique (01 77 92 95 79) - **Assistante** : Stéphanie Leclerc (01 79 06 71 80) Courriel : stephanie.leclerc@infopro-digital.com - **Principal actionnaire** : INFO SERVICES HOLDING - **Société éditrice** : Groupe Moniteur SAS au capital de 333 900 euros. RCS : Nanterre 403 080 823 - **Siège social** : 10 place du général de Gaulle, BP20156, 92186 Antony Cedex - **N° ISSN** : 0153-9442 - **Numéro de commission paritaire** : 0425 T 79611 - **Impression** : AB Printed - BAT A2, 21 rue Georges Méliès, 95 240 Corneilles en Paris - **Dépôt légal** : à parution - **Abonnement 1 an** : Papier = 3266,18 € TTC - Numérique = 3052,19 € TTC