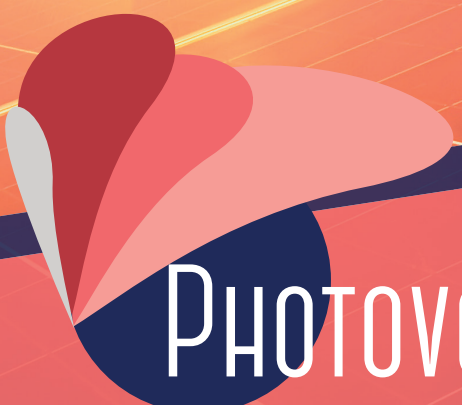




PHOTOVOLTAÏQUE

**L'essor de la demande profite aux acteurs historiques
comme aux nouveaux entrants et stimule l'innovation**

PHOTOVOLTAÏQUE

L'essor de la demande profite aux acteurs historiques comme aux nouveaux entrants et stimule l'innovation

Exigences environnementales, évolutions réglementaires, envolée des prix de l'énergie : les facteurs convergent pour dynamiser l'activité des acteurs du photovoltaïque. Entre les projets d'autoconsommation, individuelle ou collective, et l'injection de nouvelles productions renouvelables sur le réseau, les organisations publiques comme privées se mobilisent pour réduire leur facture énergétique, réaliser des investissements rentables, améliorer leur bilan carbone ou se conformer à la législation.

Ce mouvement bénéficie aux grands énergéticiens et aux acteurs historiques du secteur. Il attire également de nouveaux entrants, qui s'appuient notamment sur la diversification des débouchés et des projets pour se démarquer : agrivoltaïsme, solaire flottant, développement des PPA... Les centres de recherche poursuivent quant à eux leurs travaux et trouvent des applications innovantes concrètes, une dynamique amplifiée par les projets hexagonaux sur la partie industrielle de la filière.

La nouvelle émulation autour du photovoltaïque ne doit cependant pas faire oublier les contraintes qu'il doit encore surmonter. De plus en plus difficile, l'accès au foncier constitue le principal défi pour la filière. La nécessité de cibler des espaces naturels ou agricoles conduit déjà à une opposition croissante des riverains et des agriculteurs. Les acteurs du photovoltaïque sont ainsi amenés à trouver des équilibres entre la rentabilité et la faisabilité des projets, entre les grandes centrales et les petites unités éparpillées, ou encore entre les parcs au sol et l'équipement des toitures et autres surfaces déjà artificialisées.



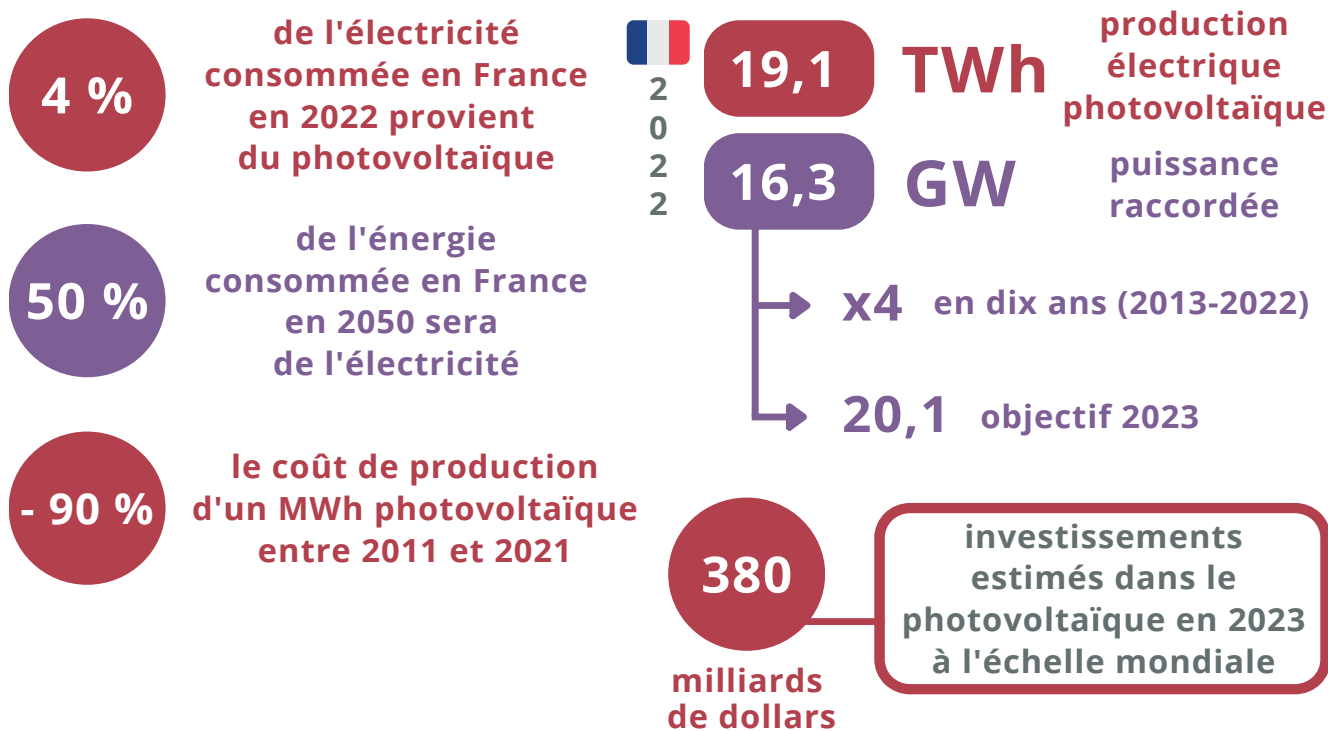
DANS CE DOSSIER

POINTS-CLÉS ET ENJEUX	4
LE MARCHÉ ACCÉLÈRE SOUS L'EFFET DE LA LÉGISLATION ET DE L'INFLATION ÉNERGÉTIQUE.....	8
Un secteur qui concerne tous types d'acteurs.....	8
Les installations de panneaux solaires prennent de l'ampleur	9
Un contexte favorable à l'expansion du marché.....	10
Un attrait croissant pour l'agrivoltaïsme	16
L'évolution du cadre réglementaire soutient le développement du solaire.....	18
Un essor freiné par plusieurs facteurs	19
LES PROJETS SE MULTIPLIENT DANS TOUS LES SECTEURS	21
Les collectivités et le secteur public se tournent de plus en plus vers le solaire	21
Le photovoltaïque connaît un engouement dans le secteur privé.....	27
LE POTENTIEL DE LA FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE ATTIRE DE NOUVEAUX ENTRANTS.....	30
La fabrication française à la relance	30
Le recyclage, un segment en devenir	33
Des clientèles spécifiques cibles d'innovation.....	35
Une nouvelle génération d'énergéticiens centrés sur le solaire et les renouvelables..	39
Le photovoltaïque, porteur d'opportunités pour d'autres secteurs d'activité	42
L'INNOVATION FAÇONNE LE PHOTOVOLTAÏQUE DE DEMAIN.....	44
Les panneaux et films souples facilitent le déploiement du photovoltaïque	44
Les véhicules électriques embarquent le solaire.....	45
La problématique clé du stockage	47
La recherche poursuit ses expérimentations.....	50
FORCES EN PRÉSENCE	51
Les "nouveaux" énergéticiens français positionnés sur le photovoltaïque	51
Les start-up françaises du photovoltaïque.....	53
LISTE DES ENTREPRISES CITÉES DANS L'ÉTUDE	56
LEXIQUE.....	59
SOURCES UTILISÉES.....	60

POINTS-CLÉS

Ce qu'il faut retenir

CHIFFRES-CLÉS



MOTEURS

ÉCOLOGIE & POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE	• Politique RSE des entreprises pour afficher leur engagement • Obligations d'installation de plus en plus fortes • Politique d'autonomie énergétique des collectivités
HAUSSE DES PRIX DE L'ÉNERGIE	• Volonté de moins dépendre de la volatilité des prix de marché • Rentabilité accrue des projets • Soutien au développement des PPA
DÉVELOPPEMENT DE L'OFFRE	• Offres plus diversifiées et compétitives • Innovations dans les parcs et les équipements • Émulation tout au long de la chaîne de valeur, de l'amont à l'aval

POINTS-CLÉS

Ce qu'il faut retenir

PAYSAGE CONCURRENTIEL

ÉNERGÉTICIENS GÉNÉRALISTES

Verdisent leur mix énergétique en investissant dans des capacités photovoltaïques

S'appuient sur la diversité de leur offre pour s'imposer en tant que partenaire global

Rachètent des sociétés pour profiter des innovations

ÉNERGÉTICIENS SPÉCIALISÉS

Se revendiquent comme experts des énergies renouvelables

Se focalisent parfois uniquement sur le photovoltaïque

Diversifient leur clientèle :

- entreprises
- ménages
- collectivités

START-UP

Se positionnent sur l'ensemble de la chaîne de valeur

Cherchent à relancer la production de panneaux en France

Développent des innovations dans les matériaux, les types de panneaux ou d'infrastructures, etc.

ACTEURS EXTÉRIEURS

Cherchent à profiter de l'engouement pour le secteur

Peuvent bénéficier de l'intégration verticale, surtout s'ils sont de gros consommateurs d'électricité

Procèdent par croissance externe pour acquérir des compétences

FREINS ET DÉFIS

ACCÈS DIFFICILE AU FONCIER

- Politique de limitation de l'artificialisation des sols
- Zones délaissées insuffisantes pour répondre aux besoins
- Oppositions concernant l'agrivoltaïsme et les risques écologiques

FREINS TECHNIQUES & ADMINISTRATIFS

- Démarches parfois complexes pour les particuliers
- Limitation des opérations de repowering par la structure des contrats
- Manque de main d'œuvre face à la demande en forte hausse

FINANCEMENT FRAGILISÉ

- Hausse des taux d'intérêt
- Renégociation des tarifs par l'État, et risque juridique associé

Un paysage concurrentiel mouvant, un atout pour le marché

Dominé par les grands énergéticiens, acteurs historiques du domaine, le marché photovoltaïque connaît un bouleversement avec **l'arrivée de nombreux nouveaux entrants**. Plusieurs vagues, notamment autour des années 2000 et 2010, ont modifié la configuration du marché en y instillant davantage de concurrence.

L'émergence d'énergéticiens spécialisés dans les énergies renouvelables constitue un point central de cette nouvelle structuration. Le marché peut profiter **des avantages classiques d'une plus forte intensité concurrentielle** : offre plus variée, tarifs plus attractifs, services novateurs... Plus récemment, **des start-up se sont lancées** à leur tour, renforçant la capacité du marché à absorber l'augmentation de la demande.

Le déploiement de nouveaux acteurs **change le visage du secteur**, avec de petites sociétés moins solides financièrement mais **capables de lever des fonds** pour se développer, en particulier auprès d'acteurs privés. **Plus agiles**, prenant parfois des risques plus importants avec des projets plus disruptifs, elles apportent au marché **un renouveau technique et industriel** en investissant divers segments de la chaîne de valeur. Ce

dynamisme **pousse les acteurs historiques à innover**, notamment via des partenariats avec des centres de recherche.

Les nouveaux entrants ne sont pas nécessairement de jeunes sociétés spécialisées indépendantes : elles peuvent être **l'émanation de groupes présents sur d'autres marchés**, en particulier ceux relatifs à la construction et aux matériaux industriels. **Dans une logique d'intégration verticale ou de diversification** vers des activités connexes, ces entreprises se positionnent sur le photovoltaïque **en créant des filiales dédiées ou en procédant par croissance externe**. Elles ne s'avèrent pas être les seules à réaliser des acquisitions dans le secteur : **les grands énergéticiens font de même** pour gagner des parts de marché ou intégrer des technologies novatrices. Ces opérations représentent **à la fois des opportunités et des menaces** pour les petites sociétés : parfois bénéfiques grâce aux moyens apportés (ressources financières, soutien à l'expansion internationale, intégration dans des appels d'offres communs, etc.), elles peuvent **aussi limiter le développement commercial** dans le cas d'un recentrage vers les activités de l'actionnaire.

Des opportunités de positionnement sur l'ensemble de la chaîne de valeur

L'accélération du marché du photovoltaïque offre **une variété de possibilités en termes de stratégies** d'implantation ou de développement aux acteurs du secteur. Cet essor de la demande conduit également à **atténuer la pression concurrentielle**, malgré l'arrivée de nouveaux acteurs, ce qui facilite la mise en place de diverses approches et la pérennisation de l'activité des entreprises.

Si les grands énergéticiens tendent à avoir **un profil généraliste**, les spécialistes des énergies renouvelables s'avèrent plus nombreux à **se concentrer exclusivement sur le photovoltaïque**. S'imposer comme expert de l'énergie solaire ou diversifier les activités et les risques associés ? Un premier choix crucial pour les acteurs.

Avec le développement des *corporate power purchase agreements* (CPPA) et de l'autoconsommation collective (ACC), **la clientèle professionnelle et institutionnelle prend de l'ampleur**. Les sociétés du secteur font face à plusieurs options, potentiellement toutes pertinentes : cibler les ménages, se concentrer sur les organisations, ou adopter une approche généraliste ?

De par **l'arrivée à maturité de technologies** en développement depuis des années et l'intense activité de recherche, **l'innovation photovoltaïque** présente de multiples voies pour se démarquer. Des panneaux verticaux bifaces aux films souples, la structure des modules **peut considérablement varier et s'adapter** à différents cas d'usage. Solaire flottant, solaire sur vitres, agrivoltaïsme et ombrières connectées ou encore photovoltaïque embarqué : la profusion d'idées et de solutions permet aux acteurs de **se distinguer de la concurrence et de cibler de nouveaux débouchés**. Les recherches sur le solaire spatial ou de nuit montrent que le secteur se tourne résolument vers l'avenir, anticipant des ruptures technologiques.

La structuration de la filière permet également **un positionnement en amont ou en aval** de la production électrique. Les projets de relance de **la fabrication de panneaux solaires** sur le sol hexagonal s'amorcent, tandis que l'innovation dans **les systèmes de stockage d'énergie** se montre dynamique et variée sur le plan technologique.

LE MARCHÉ ACCÉLÈRE SOUS L'EFFET DE LA LÉGISLATION ET DE L'INFLATION ÉNERGÉTIQUE

Un secteur qui concerne tous types d'acteurs

Le photovoltaïque, branche la plus répandue de l'énergie solaire qui consiste à convertir la lumière du soleil en énergie électrique, ne constitue pas à proprement parler un nouveau secteur. Les premières utilisations dans l'alimentation électrique des bâtiments datent des années 1970. En France, le secteur s'est **notamment développé durant les années 2000**, favorisé par les pouvoirs publics (Grenelle de l'environnement en 2007).

Son potentiel tient en partie à la **variété d'acteurs impliqués dans la chaîne de valeur** et dans les usages des panneaux solaires. Du côté des professionnels positionnés sur le marché, il est donc possible d'identifier différentes catégories :

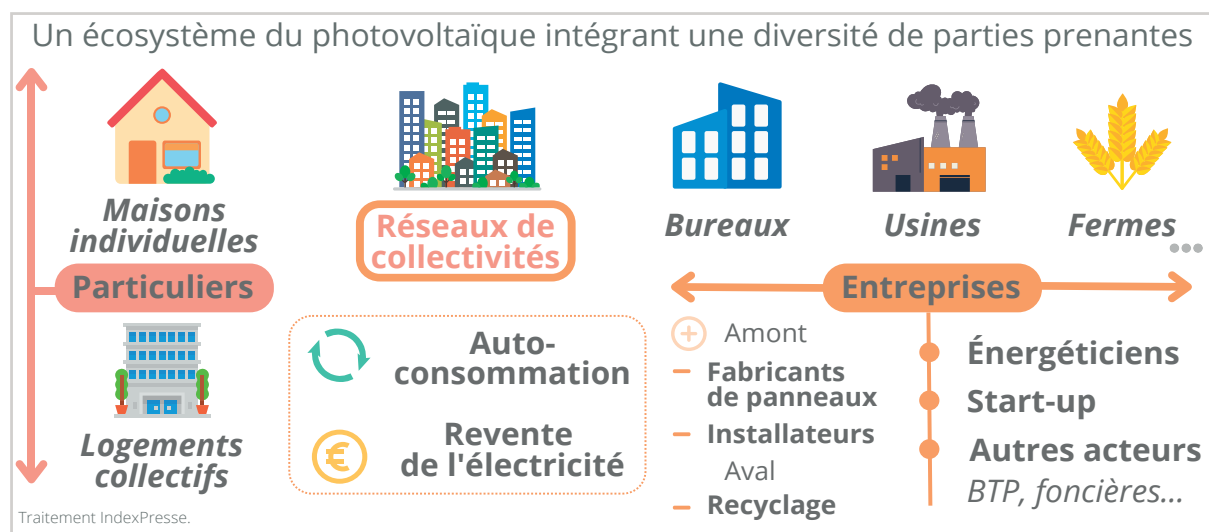
- Fabricants de panneaux ;
- Installateurs ;
- Exploitants (énergéticiens et start-up) ;

- Sociétés de recyclage.

Les parties prenantes utilisatrices de l'électricité produite par les panneaux photovoltaïques présentent également une certaine diversité :

- Particuliers en maisons individuelles, directement équipées ;
- Logements collectifs ;
- Collectivités mettant en place des réseaux locaux d'autoconsommation ;
- Entreprises
- Agriculteurs

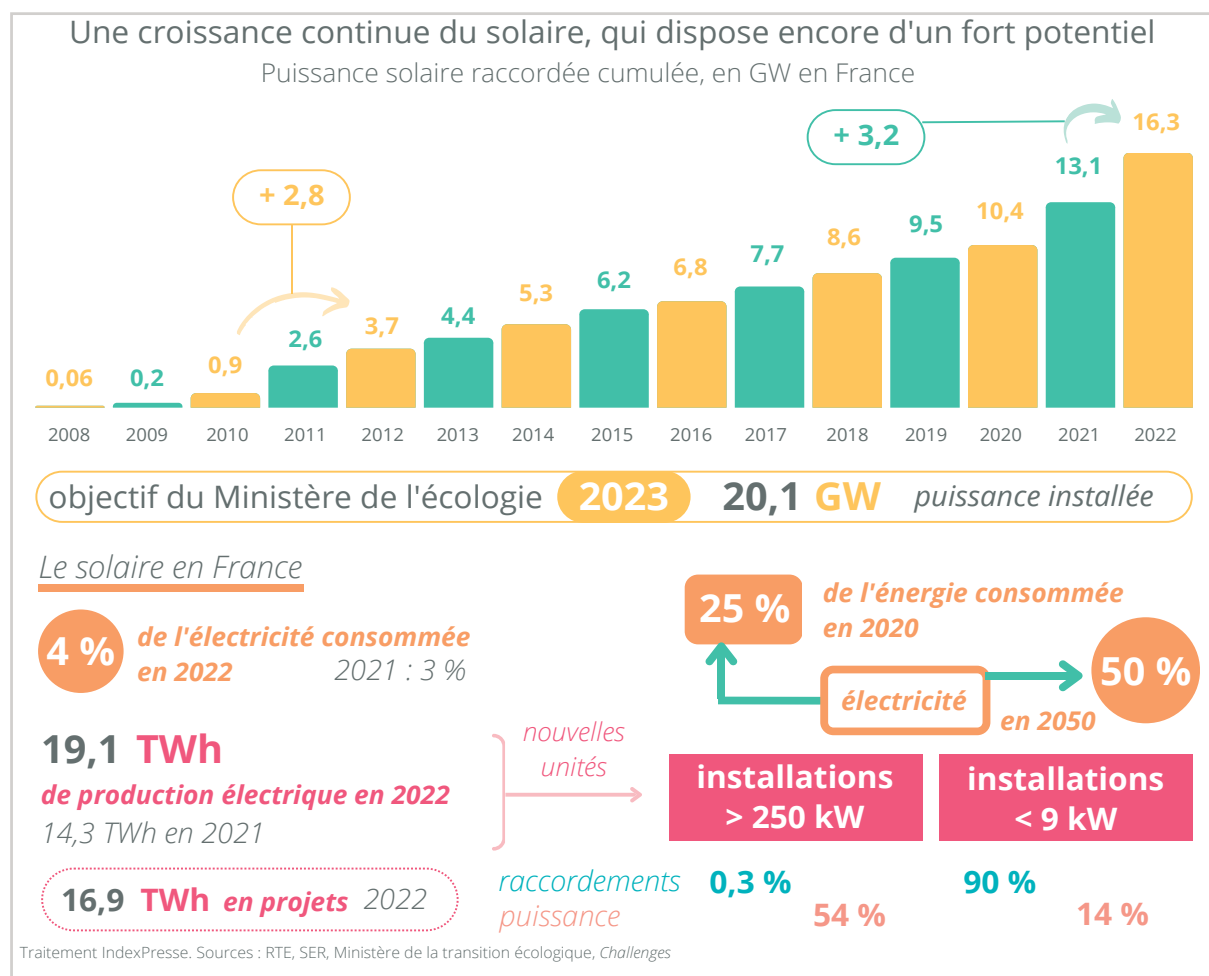
D'autres acteurs interviennent aussi sur le marché, telles que **des entreprises du BTP ou de l'immobilier**. La création de parcs photovoltaïques nécessite en effet un accès au foncier lorsqu'il s'agit de centrales au sol et non pas installées sur le bâti.



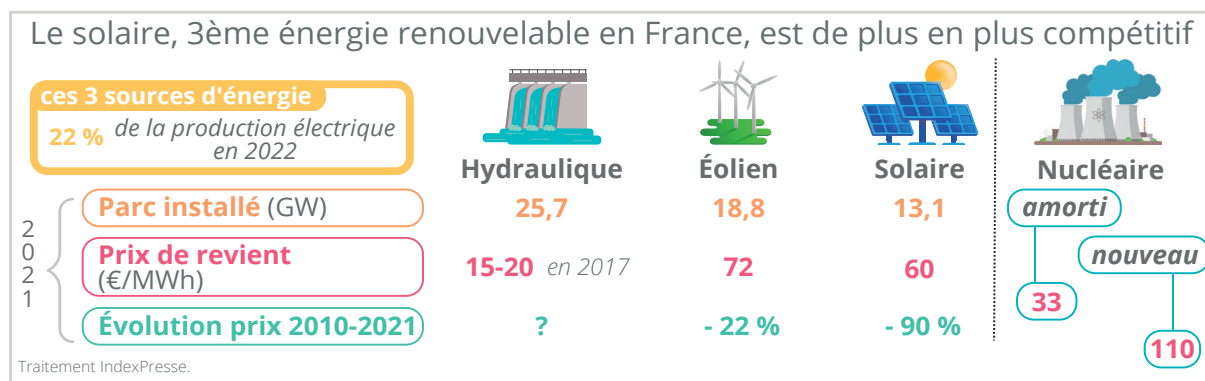
Les installations de panneaux solaires prennent de l'ampleur

Le secteur du photovoltaïque connaît un développement soutenu, comme le souligne Marie Buchet, du Syndicat des énergies renouvelables (SER): "Le solaire a **une place grandissante**. C'est une filière qui a une dynamique forte. [...] C'est une solution qui **se déploie assez facilement, rapidement**, sur une multitude de surfaces." Les rendements des panneaux photovoltaïques réalisent également **des progrès d'année en année** (+ 25 % entre 2018 et 2022), ce qui facilite l'installation d'infrastructures plus puissantes. Au-delà de l'installation de panneaux chez les particuliers, ce sont **les projets des en-**

treprises qui tirent le marché, avec une concentration de la puissance raccordée sur quelques grandes centrales. **L'accélération du marché est manifeste en 2022**, avec une hausse de 24 % de la puissance solaire totale installée en France. Le dynamisme du photovoltaïque se confirme, alors que la forte augmentation des installations en 2021 (+ 26 %) **pouvait être perçue comme un rattrapage** suite à la crise sanitaire en 2020 et à ses multiples incidences sur l'activité économique. En dix ans, la puissance raccordée a ainsi été multipliée par plus de quatre.



LE MARCHÉ ACCÉLÈRE SOUS L'EFFET DE LA LÉGISLATION ET DE L'INFLATION ÉNERGÉTIQUE



L'importance du nombre de projets en cours identifiés en 2022 indique que les installations devraient se poursuivre de façon soutenue dans les prochaines années. **Le coût de production de l'énergie solaire** a par ailleurs considérablement diminué depuis une dizaine d'années, **favorisant la compétitivité** de cette dernière par rapport aux autres sources de production d'électricité. **Les économies d'échelle générées** par la mise en place de projets d'envergure devraient encore renforcer cette tendance. En outre, la part croissante de l'électricité dans la consommation énergétique constitue une opportunité pour la filière photovoltaïque afin d'**augmenter son poids dans le mix énergétique** français.

"Le solaire est sorti de l'adolescence, c'est un tsunami. [...] Tous les secteurs de la filière sont en croissance. [...] C'est une technologie dont la brique élémentaire est la même partout."

Xavier Daval, SER.

Un contexte favorable à l'expansion du marché

Diverses tendances convergent pour contribuer à faire décoller le marché du photovoltaïque. **L'écologie et les politiques RSE** des entreprises représentent un premier phénomène majeur. **La hausse vertigineuse des prix de l'énergie**, et notamment de l'électricité, constitue un autre élément favorisant le développement du secteur. **L'environnement réglementaire et les politiques publiques** participent elles aussi à l'essor de la filière solaire. Ces tendances devraient se poursuivre, pour plusieurs raisons :

- L'engagement environnemental des entreprises se montre **de plus en plus incontournable**, que ce soit pour une question d'image

et d'éviter les mauvaises publicités nuisibles à leur activité, ou pour **faciliter les recrutements** dans un contexte de pénurie de main d'œuvre et de quête de sens, en particulier chez les jeunes générations ;

- La fiscalisation du carbone et **les incitations à la sobriété énergétique** plaident pour des prix de l'électricité restants à un niveau élevé, l'inflation pouvant également se maintenir sur **les coûts de production** des panneaux ;
- La nécessité d'accélérer les investissements dans les énergies renouvelables pour **atteindre les objectifs climatiques** bénéficie aussi à la filière photovoltaïque.

L'écologie et les politiques RSE, premier facteur incitatif pour investir dans le solaire

La mise en place progressive d'**objectifs de dé-carbonation** pour les entreprises ainsi que de divers outils d'information et de transparence en termes d'impact sur l'environnement (**bilan RSE, audit des émissions de gaz à effet de serre...**) a renforcé l'engagement de ces dernières sur le sujet. **La certification de l'approvisionnement** a ainsi constitué une première étape en ce sens. Le solaire représentait **au départ un simple investissement financier** pour les sociétés, valorisant leurs surfaces de toit inexploitées, avant de se muer en véritable outil de politique RSE.

Cette dynamique s'est **d'abord développée au sein des grandes entreprises multinationales**, les premières initiatives étant apparues soit chez des acteurs étrangers, soit chez des filiales de groupes français. Google, Amazon et Ikea comptent parmi les pionniers de ce type de démarches. En 2030, le géant suédois du meuble aura investi environ **9,5 milliards de dollars dans les énergies renouvelables** depuis 2009. Michelin dispose quant à lui de **sept sites consommant leur propre électricité** en Chine, en Inde et en Thaïlande, tandis que l'opérateur télécom Orange utilise **trois fermes solaires** en Jordanie et a fait installer des milliers de panneaux solaires sur ses sites africains. Chargé du climat à la direction de

Safran, Thibaud Normand explique ce phénomène : "Dans certains pays d'Asie où nous sommes présents, **la production d'électricité est beaucoup plus carbonée qu'en France** où l'on bénéficie du nucléaire. En outre, les coûts d'investissement dans le solaire y sont plus abordables, ce qui rend **l'énergie produite plus compétitive**." Les multinationales ont donc privilégié les filiales où l'impact de leurs initiatives sur leur bilan carbone serait le plus important. Le mouvement s'est depuis étendu à l'Europe.

"Nous avons prévu d'investir 6,5 milliards d'ici à 2030. Le groupe possède à ce jour 575 éoliennes et a implanté 935 000 panneaux solaires dans le monde."

Emma Recco, directrice de la stratégie et du développement chez Ikea France.

GESTION

QUE RECOUVRE UNE POLITIQUE RSE ?

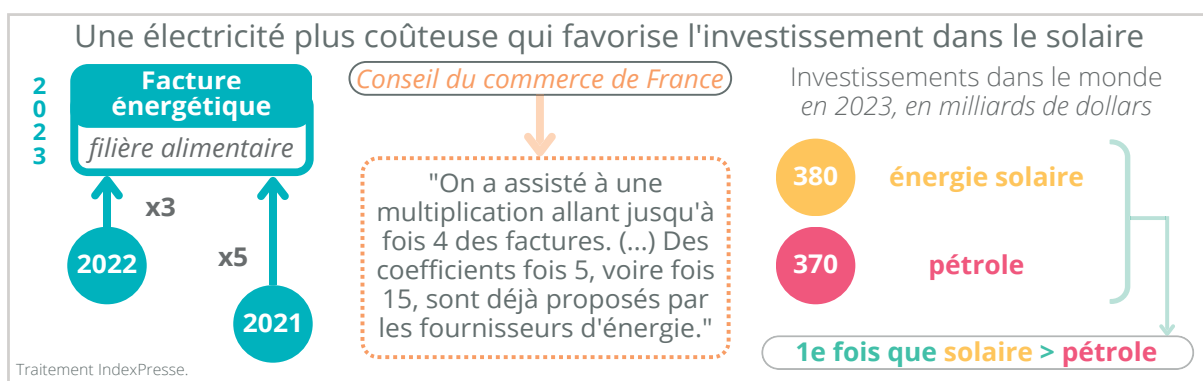
La responsabilité sociale (ou sociétale) des entreprises constitue un domaine portant à la fois sur des enjeux environnementaux, comme la gestion vertueuse de sa chaîne logistique, des matériaux utilisés, de son alimentation énergétique ou du traitement des déchets, et sur des aspects sociaux (conditions de travail, respect des droits humains...). Elle est guidée par des questions réglementaires, avec des normes et obligations associées, mais se déploie également dans une multitude d'initiatives des sociétés. Engagements écologiques, projets humanitaires... celles-ci ont recours à la RSE pour améliorer leur image vis-à-vis de leurs clients, de leurs fournisseurs, de leurs salariés, de l'opinion publique et des décideurs politiques. Ce caractère mouvant de la RSE peut toutefois avoir son revers, les entreprises étant parfois priées de se positionner sur un nombre croissant de sujets dépassant leur activité économique, au risque de s'aliéner certaines parties prenantes intervenant sur le marché.

L'inflation énergétique apparaît comme un élément décisif sur la période récente

Les prix de l'électricité en France ont connu **une hausse considérable depuis 2021**, avec une accélération inédite en 2022. Cette augmentation des prix de l'énergie s'est ajoutée à **l'inflation issue des perturbations économiques causées par la crise sanitaire**, en la renforçant et en la pérennisant : des prix des matières premières aux revalorisations salariales, du transport au chauffage, les hausses de coûts se sont répercutées dans tous les domaines. **Deux événements en particulier ont affecté le marché** de l'électricité en France :

- La mise à l'arrêt de nombreux réacteurs nucléaires, avec un pic à 32 réacteurs sur 56 durant l'été 2022, a causé une chute drastique

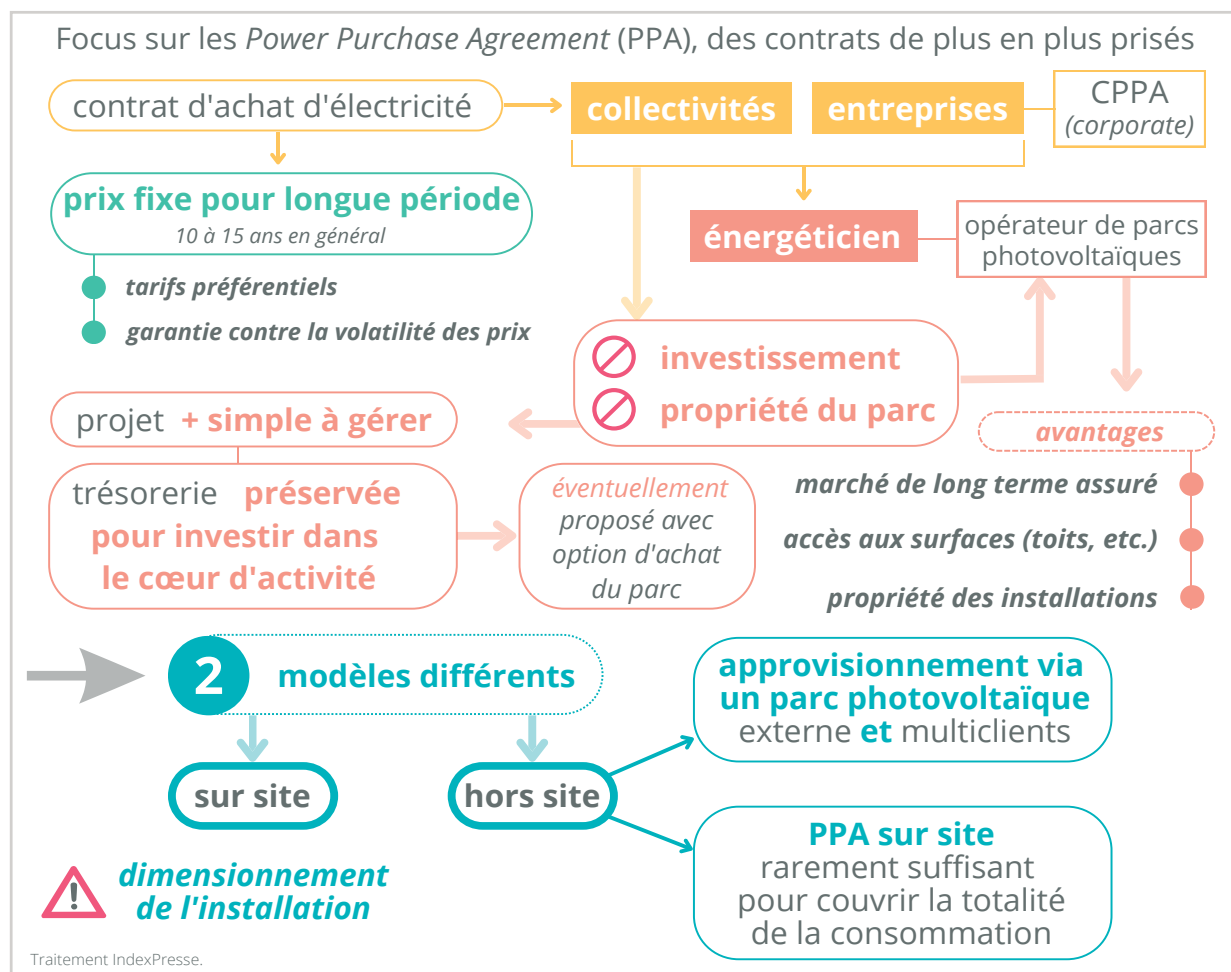
de la production électrique. **La pandémie de Covid-19 avait retardé de nombreuses opérations** de maintenance, tandis que les visites décennales de plusieurs réacteurs étaient également prévues. **Des phénomènes de corrosion** ont par ailleurs été observés dans la tuyauterie des installations les plus récentes, ce qui a conduit à **de vastes opérations de soudure** (plus de 600 personnes mobilisées, y compris des renforts canadiens et américains). Une dizaine de réacteurs ont été concernés par de telles interventions en octobre 2022, et 24 réacteurs étaient alors toujours à l'arrêt.



L'AUTOCONSOMMATION : UNE VOIE POUR ALLÉGER LA FACTURE

Depuis la publication d'un décret autorisant l'autoconsommation collective en 2017, la pratique a essaimé dans de nombreuses entreprises et collectivités. "L'augmentation continue du prix de l'énergie encourage un peu plus à faire de l'autoconsommation", indique Laetitia Brottier, du fabricant de panneaux solaires DualSun. Une première approche consiste à investir dans des capacités de production électrique afin de les amortir dans la durée. En réduisant la part de l'électricité devant être achetée sur le marché, l'organisation gagne en autonomie, réduit ses frais et limite l'impact de l'évolution des cours sur ses dépenses. Une autre méthode s'incarne dans les contrats passés avec les opérateurs pour installer et fournir l'électricité, ce qui permet de se prémunir de la volatilité des prix grâce à des tarifs fixes sur une longue période. D'après le gestionnaire RTE, l'autoconsommation pourrait atteindre 10 GW en 2030, soit 7 à 8 % des capacités totales en électricité renouvelable.

LE MARCHÉ ACCÉLÈRE SOUS L'EFFET DE LA LÉGISLATION ET DE L'INFLATION ÉNERGÉTIQUE



- La guerre en Ukraine, déclenchée en février 2022, a **propulsé les prix du pétrole et du gaz à des niveaux exceptionnels**. Indexé sur ces derniers au sein du marché européen, celui de l'électricité a subi à son tour des hausses considérables. Les perturbations économiques, les mesures de rétorsion de l'Europe et des États-Unis, le manque d'infrastructures permettant un approvisionnement alternatif ou encore le recours à des solutions flexibles mais plus coûteuses comme le GNL (gaz naturel liquéfié) ont contribué à **renchérir de façon significative le prix de l'énergie**, et donc de l'électricité, sur le territoire européen. Les sanctions sur les hydrocarbures russes devraient être maintenues sur le long terme, et le marché européen de l'électricité ne sera sans doute pas réformé à court terme.

Face à cette explosion des prix de l'électricité, le gouvernement a mis en place **divers dispositifs pour protéger les entreprises** :

- plafonnement du prix maximal ;
- moindre revalorisation des tarifs ;
- prise en charge d'une partie de la facture ;
- aides ciblées en fonction de la taille de la société et de l'évolution du montant de sa facture d'électricité ;
- étalement du paiement des factures ;
- report du paiement des impôts et cotisations sociales ;
- cautionnement partiel apporté par l'État pour les entreprises fortement consommatrices.

Certaines aides ont été conditionnées au niveau de chiffre d'affaires ou de résultat d'exploitation et à son évolution dans la période récente.

LE MARCHÉ ACCÉLÈRE SOUS L'EFFET DE LA LÉGISLATION ET DE L'INFLATION ÉNERGÉTIQUE

La hausse du prix de l'électricité a eu **deux conséquences principales** sur la structure du marché :

- **le recours à l'autoconsommation s'est accru**, réduisant la dépense énergétique et optimisant les surfaces photovoltaïques, les tarifs de revente de l'électricité produite étant généralement inférieurs aux prix du marché ;
- **la mise en place de Corporate Power Purchase Agreements (CPPA)** s'est aussi accélérée, l'augmentation des prix rentabilisant les projets et incitant les entreprises à négocier des contrats de long terme.

Des observations confirmées par Marie Buchet, en charge du solaire au SER : "C'est très net, on voit qu'il y a eu **un impact réel de la crise de l'énergie** sur les projets d'autoconsommation. Attrait renforcé aussi pour les PPA (*Power Purchase Agreement*), des contrats d'approvisionnement pour les entreprises qui permettent de **sécuriser leur dépense énergétique à long terme**." La responsable du syndicat ajoute à propos de ces derniers : "**C'est une solution encore relativement récente** puisque c'est la rentabilité des projets qui permet de ne plus avoir besoin des aides de l'État, mais cette solution a vocation à se développer".

LE REPOWERING, UN AUTRE INVESTISSEMENT POUR DYNAMISER SA PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE

Les entreprises sont contraintes de jouer sur plusieurs leviers pour réduire leur facture énergétique et améliorer leur bilan carbone, alors que leurs surfaces disponibles pour installer des panneaux solaires demeurent limitées. Une méthode pour continuer malgré tout à accroître la production électrique consiste en des opérations de remplacement des installations photovoltaïques anciennes par de nouvelles présentant un rendement accru. Au lieu d'une croissance extensive du parc, cette approche mise sur l'augmentation de la performance par m² de panneaux solaires en bénéficiant des innovations dans la filière. Le photovoltaïque a en effet connu une amélioration constante de la productivité des panneaux, avec environ + 5 % par an depuis le milieu des années 2010. Le remplacement d'autres appareils, comme l'onduleur, par une version plus puissante permet également d'accroître la performance de l'installation.

"L'autoconsommation ne va pas permettre à elle seule de faire face à la hausse des prix de l'énergie et de tenir nos objectifs de décarbonation."

Jean-Benoît Besset, directeur de l'environnement chez Orange.

"Avant, l'achat de l'électricité était relégué à l'acheteur de l'entreprise. Désormais, avec un prix de l'énergie élevé, le sujet arrive en comité de direction."

Sébastien Clerc, dirigeant de l'énergéticien Voltalia.

De la visibilité pour les acteurs grâce à une planification publique par appels d'offres

La mise en place de la filière photovoltaïque en France s'est effectuée via **une intervention de l'État et l'octroi de subventions**. La Commission de régulation de l'énergie (CRE) procède en effet à **des appels d'offres** pour la constitution de parcs photovoltaïques, permettant d'établir **des PPA à prix garantis** et subventionnés. Les premiers contrats avaient été établis avec **des prix très largement supérieurs au marché** afin d'inciter les acteurs à se positionner. Dans le cas où le prix de marché dépasse le prix "cible" déterminé dans le contrat, **la société exploitante reverse l'excédent à l'État**. Ce phénomène est particulièrement perceptible depuis la forte hausse du prix de l'électricité ces dernières années. Outre les subventions pour faire décoller la filière, le système mis en place offre donc **une forme de stabilité** et d'autorégulation. Le think tank France Territoire Solaire estime que ce développement de la filière photovoltaïque est **"l'aboutissement d'une politique pérenne** avec les appels d'offres de la CRE. On a un calendrier clair, des volumes et des centrales éligibles : c'est réconfortant pour un développeur." Cette visibilité accordée aux acteurs a facilité leurs investissements et permis de développer un grand nombre de projets photovoltaïques. **Les restrictions concernant les appels d'offres et la hausse des prix** affaiblissent toutefois à présent l'incitation à exercer son activité dans ce cadre. La rentabilité supérieure obtenue sur le marché privé **rend obsolètes les prix minimaux garantis**, et encourage la signature de contrats directement avec les entreprises afin de maximiser les profits tirés de l'opération. Un nombre croissant d'acteurs pourrait ainsi **se dé-**

Avantages et inconvénients de passer par les appels d'offres de la CRE



Prévisibilité



Prix minimum garantis

au lancement des premiers appels d'offres

→ *jusqu'à 600 € / MWh
(contre 60 € en moyenne début 2023)*



Limitation de la rentabilité
reversement des surplus à l'État



Restrictions dans le choix des terrains
zones délaissées, jachères...



Projets d'envergure modérée
pas plus de 30 MW

Traitement IndexPresse.

tourner progressivement du système initial pour privilégier les CPPA. "La question va se poser pour les développeurs, car la valorisation de l'électricité sur le marché est meilleure aujourd'hui", reconnaît Dominique Jamme, directeur de la CRE. Il confirme que le développement des CPPA devrait s'accélérer dans ce contexte.

LA RÉDUCTION DES TAXES PROFITE AUSSI AU SECTEUR SOLAIRE

Début 2021, l'État a diminué le montant de l'impôt forfaitaire des entreprises des réseaux (Ifer), acquitté notamment par les acteurs détenant des centrales photovoltaïques. Le niveau de prélèvement est ainsi passé de 7,82 euros le kilowatt de puissance installée à 3,25 euros, soit une division par 2,4. Cet allègement de taxes bénéficie aux entreprises du secteur en améliorant leur rentabilité.

Un attrait croissant pour l'agrivoltaïsme

De plus en plus de projets et d'acteurs du secteur photovoltaïque se tournent vers les agriculteurs afin d'**installer des panneaux solaires sur du foncier agricole**. Les systèmes installés peuvent apporter un complément de revenu bienvenu à l'exploitant agricole, et sont même **susceptibles d'augmenter la productivité** des parcelles.

Une sélection forte des projets est effectuée par les acteurs afin d'**éviter certaines dérives** de l'agrivoltaïsme :

- conflit d'usage des terres agricoles au profit de fermes solaires ;
- désincitation à la production agricole ;
- installation de "rentiers photovoltaïques" à la place de nouveaux agriculteurs ;
- projets purement énergétiques déguisés en agrivoltaïsme avec une production agricole minimale servant de prétexte.

Différentes technologies de panneaux pour la filière agrivoltaïque

Ombrières inclinables et pilotables par IA

Panneaux en damiers

Panneaux bifaces pouvant être posés à la verticale

Panneaux à l'intérieur des serres combinés à des filtres colorés

valeur ajoutée agronomique
Optimisation de la luminosité en fonction des besoins des plantes

Traitement IndexPresse.

Un périmètre à déterminer

Une définition précise de l'agrivoltaïsme a **long-temps fait défaut**, soulignant des divergences au sein même des organisations agricoles et entre les deux fédérations du domaine (France Agrivoltaïsme et la Fédération française des producteurs agrivoltaïques (FFPA), toutes deux créées en 2021). "**Il n'y a pas de consensus** sur ce que doit être l'agrivoltaïsme, ni chez les agriculteurs ni chez les développeurs", remarque ainsi Quentin Hans de la FFPA. La loi d'accélération des énergies renouvelables a finalement clarifié la nature de l'agrivoltaïsme fin 2022 avec **une définition donnant la priorité à l'activité agricole**. Elle liste plusieurs exigences pour qualifier un projet agrivoltaïque :

- contribuer à la production agricole, que ce soit pour l'installation, le maintien ou le développement de l'exploitation ;
- améliorer le potentiel agronomique de la parcelle visée, tant au sujet des sols et de la faune que du bilan carbone ;
- adapter la production agricole au changement climatique ;
- protéger la parcelle contre les aléas (intempéries, sécheresse...) ;
- réaliser des progrès en termes de bien-être animal.

Pour être valide, un projet doit **fournir au moins un service agronomique** à la parcelle, en plus d'être forcément au service de la production agricole.

"Puisqu'on est là pour apporter un service à la parcelle et répondre au besoin de l'exploitant, [...] il faut accepter de 'désoptimiser' notre production."

Aline Chapulliot, responsable du service Nouvelles offres chez Engie Green.

LE MARCHÉ ACCÉLÈRE SOUS L'EFFET DE LA LÉGISLATION ET DE L'INFLATION ÉNERGÉTIQUE



L'Association française de normalisation (Afnor) avait par ailleurs proposé début 2022 **une certification pour les projets agrivoltaïques**. Il s'agissait alors de mettre en valeur ceux apportant une véritable plus-value à l'activité agricole. "La filière avait besoin de **se structurer en s'appuyant sur un dispositif de reconnaissance**", indique Julien Nizri, directeur général d'Afnor Certification. Le label évalue **différents critères sur une période de cinq ans**, notamment la résistance aux aléas de la parcelle par rapport à une "zone témoin".

Des avantages multiples

L'agrivoltaïsme présente un double bénéfice : il améliore les rendements des exploitations agricoles et permet d'**installer des infrastructures énergétiques dans les surfaces cultivées**. Interrogé par le magazine *Enjeux*, l'agriculteur Jean-Michel Aurières témoigne : "Ces serres photovoltaïques sont une véritable aubaine. Cela permet de **tout gérer, de l'ensoleillement à l'hygrométrie, pour assurer un environnement protégé** qui sécurise la récolte, de mieux organiser le travail et de permettre une diversification importante pour l'équilibre de l'exploitation." Les surfaces cultivées représentaient en outre 45 % de la superficie de l'Hexagone en 2019, alors que **les besoins consi-**

dérables en électricité font face à un manque de foncier disponible. La loi d'accélération des énergies renouvelables présentée en 2022 a établi **le potentiel de différentes zones inutilisées** pouvant accueillir des parcs photovoltaïques à environ 24 GW.

Par rapport aux objectifs fixés par la Programmation pluriannuelle de l'énergie, **il manquerait encore 50 000 hectares** pour atteindre le niveau de production électrique solaire requis. **La France est en retard**, avec 16 GW installés en 2022 pour un objectif minimal de 35 GW en 2028 (et 120 GW en 2050). **L'agrivoltaïsme ouvre donc des perspectives** pour déployer des panneaux solaires à grande échelle. Avec l'électrification des usages dans de nombreux domaines (véhicules, objets connectés...) et le doublement de la part de l'électricité dans l'énergie consommée à l'horizon 2050, **les besoins en développement solaire risquent toutefois de surpasser** les projets agrivoltaïques pertinents sur le plan agronomique. Malgré la clarification législative, la tentation peut être grande **pour les agriculteurs connaissant des difficultés financières**. "D'où une pression pour développer des projets qui conduisent à artificialiser 220 hectares par an", souligne Dominique Chatillon, de la Direction départementale des territoires de la Drôme.

L'évolution du cadre réglementaire soutient le développement du solaire

Voulant favoriser le déploiement des énergies renouvelables en France, le gouvernement a mis en place **plusieurs dispositifs pour soutenir le secteur**. Les diverses évolutions législatives ont agi sur plusieurs leviers :

- hausse de la demande en panneaux solaires par des obligations d'installation ;
- facilitation de la mise en place des projets ;
- renforcement de la rentabilité des opérations.

Une impulsion a également été donnée **au niveau européen**, la principale initiative s'incarnant dans le programme REPowerEU. Celui-ci décline

plusieurs objectifs concernant l'ensemble de la chaîne de valeur, de la fabrication de panneaux sur le sol européen à leur déploiement ou encore à la formation de professionnels du secteur. REPowerEU vise à installer, au sein des États membres de l'Union, **320 GW d'énergie photovoltaïque d'ici 2025** et environ 600 GW à l'horizon 2030. La stratégie européenne devrait engendrer **26 milliards d'euros d'investissements supplémentaires** d'ici 2027. Au niveau de la recherche et de l'innovation, près de 260 millions d'euros avaient été investis dans le cadre du programme Horizon 2020.

Une succession de mesures pour favoriser le déploiement du photovoltaïque

2017

décret autorisant l'autoconsommation collective

2021

ouverture des projets entre 100 et 500 kW au marché du "guichet ouvert" photovoltaïque

2021

baisse de 7,82 % à 3,25 % de l'impôt forfaitaire sur les entreprises des réseaux (Ifer)

2021

loi Climat et résilience : obligation pour les bâtiments de plus de 1 000 m² de solariser ou de végétaliser 30 % de leur toiture

2022

label Agrivoltaïsme lancé par l'Afnor

2023

loi d'accélération des énergies renouvelables
définition de l'agrivoltaïsme
facilitation des projets, notamment en zones délaissées
obligation de solariser à 50 % les parkings d'au moins 80 places

Traitement IndexPresse.

Un essor freiné par plusieurs facteurs

Un accès difficile au foncier

Le manque de terrains disponibles pour installer des parcs photovoltaïques constitue **un élément pénalisant** pour le développement du secteur. Identifiées comme des espaces intéressants pour la filière solaire, les zones situées le long des axes routiers affichent **un potentiel variable**. "Ce gisement représente plusieurs milliers d'hectares, mais **tout n'est pas exploitable**, certains terrains sont en pente par exemple", précise Daniel Bour, président du syndicat du solaire Enerplan. Ces terres peuvent également **accueillir une faune variée**, y compris des espèces protégées, ce qui peut bloquer certains projets pour protéger la biodiversité. **Des reproches similaires sont adressés au solaire flottant** (installé sur des lacs, des étangs, etc.), les panneaux perturbant la faune et modifiant l'environnement, notamment à cause du moindre ensoleillement et de la dégradation des berges, des fonds et de la qualité de l'eau. Au sol, les panneaux solaires **artificialisent en moyenne 0,5 hectare par mégawatt**. Responsable des énergies renouvelables et de la biodiversité à la Ligue de protection des oiseaux, Geoffroy Marx plaide pour une limitation de ces projets : "Il faut privilégier le photovoltaïque en toitures ou sur des sols déjà artificialisés".

L'agrivoltaïsme suscite une forte opposition

Parfois présenté comme la solution pour remédier à l'insuffisance du foncier disponible, l'agrivoltaïsme est **loin de faire l'unanimité chez les professions agricoles**, que ce soit du côté des organisations minoritaires ou chez le syndicat majoritaire FNSEA (Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles), pourtant plus ouvert sur le sujet. :

- **FNSEA** : "Attention de ne pas ouvrir la boîte de Pandore."
- **Condéfaction paysanne** : "Une notion marketing qui vise à légitimer un opportunisme foncier et financier dans un contexte économique et climatique difficile à supporter pour le monde paysan."

- **Les Jeunes Agriculteurs** : [Nous souhaitons un moratoire sur] un phénomène de spéculation et de détournement de la vocation nourricière des fermes dans un contexte démographique inédit."

Outre les agriculteurs, **les riverains peuvent s'opposer à des projets** qu'ils jugent néfastes pour l'environnement et les paysages, comme le projet Horizeo en Gironde. Ce dernier prévoit **le déboisement de 1 000 hectares** pour installer un parc d'une surface totale de 2 000 hectares permettant la production d'un gigawatt d'énergie.

Les contestations portent sur les aspects agricoles et environnementaux, mais également sur les questions économiques. L'agrivoltaïsme est en effet **susceptible de faire grimper le prix du foncier agricole**, rendant plus difficile l'installation de nouveaux exploitants. Des risques existent aussi pour les propriétaires de terres, comme l'explique Nicolas Richard de France Nature Environnement : "**La promesse implicite de l'agrivoltaïsme, c'est 1 + 1 = 3**. On fait à la fois de la production énergétique et agricole, en garantissant que le revenu de la surface n'est pas diminué, voire est amélioré. Si on se rend compte a posteriori que **cette promesse n'est pas tenue, les terres sont-elles déclassées ?**"

Des démarches administratives à simplifier et à accélérer

Le secteur connaît des difficultés dans l'aboutissement des projets photovoltaïques liées à des lenteurs administratives et à des procédures qui rebutent parfois les particuliers. **L'engorgement au niveau des permis de construire** allonge les délais de mise en service des installations : il faut **compter en moyenne trois ans** entre le lancement du projet et le démarrage d'une ferme photovoltaïque. Le syndicat Enerplan milite par ailleurs pour **la suppression de certaines démarches** effectuées par les particuliers auprès des mairies ou d'Enedis (distributeur d'électricité). **La simplification du versement** des subventions (en une fois plutôt qu'échelonné) pour l'installation de panneaux solaires représente aussi une

LE MARCHÉ ACCÉLÈRE SOUS L'EFFET DE LA LÉGISLATION ET DE L'INFLATION ÉNERGÉTIQUE

voie envisagée afin d'encourager les particuliers à se doter de panneaux solaires.

Une autre difficulté réside dans **la gestion du renouvellement des parcs**. Même en cas de performances inférieures aux attentes, les contrats d'obligation d'achat de l'électricité par EDF stipulent que les panneaux **ne peuvent être remplacés qu'à l'échéance des contrats**, freinant notamment les opérations de repowering. Les acteurs ne peuvent donc pas bénéficier des nouvelles performances des panneaux avant de nombreuses années.

Une saturation des capacités d'installation

Avec l'emballlement des projets photovoltaïques, tant au niveau des professionnels que des particuliers, le secteur risque de **manquer d'entreprises et de main d'œuvre** pour répondre à la demande. Les difficultés de recrutement se manifestent dans une multitude de domaines et pourraient **freiner la capacité de la filière solaire à honorer les commandes** dans des délais raisonnables. Expert énergie chez Michelin, Olivier Seloisse confirme le phénomène : "En dessous

d'un hectare à couvrir, vous avez du mal à intéresser un installateur." Avec **l'arrivée à échéance de nombreux contrats, de façon simultanée**, les tensions risquent d'être d'autant plus vives.

La hausse des taux d'intérêt, une menace pour le financement des projets

Le retour durable de l'inflation dans la plupart des économies mondiales a conduit les banques centrales à **remonter les taux d'intérêt directeurs**. Se répercutant sur le taux offert par les banques commerciales, **ceux-ci freinent l'endettement et donc l'investissement**. En Europe, le renchérissement du crédit est spectaculaire, la Banque centrale européenne (BCE) ayant **relevé son taux directeur de 0,5 % en juillet 2022 à 3,5 % en juin 2023**. Cette dynamique fragilise les capacités d'emprunts des acteurs du photovoltaïques et donc le financement des projets. La hausse des taux opère une sélection des investissements, **ne permettant le lancement que des projets les plus rentables**, à même d'absorber cette augmentation des frais financiers.

UNE VOLONTÉ DE L'ÉTAT DE RÉDUIRE LES TARIFS HISTORIQUES

Avec des prix parfois dix fois supérieurs aux normes actuelles du marché, les contrats mis en place entre 2006 et 2010 apparaissent aux yeux de l'État comme excessivement généreux. Un arrêté diminuant unilatéralement les tarifs a toutefois été retoqué par le Conseil d'État début 2023, le gouvernement devant d'abord notifier à Bruxelles la mise en place de cette "aide d'État", ce qui expose la France à certains risques juridiques. Si la subvention est jugée rétroactivement comme illégale, les acteurs devront rembourser les sommes perçues, une décision dangereuse pour la pérennité de la filière. La situation est donc complexe, car les sommes en jeu sont particulièrement élevées : l'État attendait de cette mesure des économies de l'ordre de 400 à 500 millions d'euros pour les finances publiques. Comme le souligne la Commission de régulation de l'énergie, "l'ensemble des engagements [y compris pour l'éolien] pour les contrats signés jusqu'en 2020 tourne entre 153 et 172 milliards d'euros, selon les hypothèses de prix de marché. Et entre 46 et 61 milliards pour ceux signés dans le cadre de la Programmation pluriannuelle de l'énergie de 2028".

LES PROJETS SE MULTIPLIENT DANS TOUS LES SECTEURS

Les collectivités et le secteur public se tournent de plus en plus vers le solaire

Fermes solaires, autoconsommation, éclairage public : les collectivités à l'initiative

L'éclairage public photovoltaïque, un système attractif

Estimée à 7 TWh par an, la consommation électrique du système d'éclairage public français représente **31 % des dépenses d'électricité des communes** dans l'Hexagone. Le parc s'avère en outre vieillissant, avec 25 % de lampadaires datant de plus de 25 ans et **une part des lampes à sodium atteignant 57 %**. L'utilisation d'un système photovoltaïque présente donc de multiples avantages, à commencer par **une forte baisse des dépenses énergétiques et des coûts de maintenance**. Financièrement contraintes et fragilisées par l'inflation, les collectivités ont de plus en plus intérêt à recourir à de telles solutions. Le solaire n'a toutefois **pas vocation à être implanté partout**, et se révèle particulièrement adapté à des zones où l'éclairage peut être doté de détecteurs de présence. **Ce système favorise la biodiversité** en limitant l'impact de l'éclairage sur le milieu.

Les collectivités se convertissent à l'éclairage solaire

L'agglomération d'Agen a ainsi mis en place un plan d'économies d'énergie à partir de 2016 ayant conduit à **l'installation de 6 000 candélabres solaires**. Sans raccordement au réseau, ils peuvent être posés en deux heures et leur panneau affiche une durée de vie de trente ans. Sur la période 2022-2025, **15 millions d'euros sont mobilisés** pour le remplacement des anciens lampadaires par des systèmes photovoltaïques.

La ville de La Roche-sur-Yon (Vendée) a de son côté installé **16 mâts solaires** permettant d'alimenter 36 points lumineux, pour un coût d'environ 160 000 euros.

Avec 150 lampadaires solaires, le village d'Escource (Landes) a vu **sa facture énergétique reculer** : elle est passée de 58 000 euros en 2008 à environ 43 000 euros (estimés) en 2023.

LE MINISTÈRE DES ARMÉES S'ENGAGE POUR LE PHOTOVOLTAÏQUE

Premier propriétaire de foncier au sein de l'État, le ministère des Armées a initié depuis 2019 une démarche de mise à disposition de terrains militaires inutilisés (et non classés comme sites naturels) pour l'installation de parcs photovoltaïques. Le ministère s'était alors engagé à fournir 2 000 hectares de terrains, un effort significatif pour la filière mais qui représente moins de 1 % du foncier détenu par l'Armée. La procédure a toutefois pris du retard en raison de blocages administratifs à lever, avec seulement 100 hectares utilisés la première année.

Des projets se mettent en place dans l'autoconsommation

S'inscrivant dans une démarche de décarbonation, vecteurs de cohésion et d'autonomie au niveau local, financièrement avantageux, **les projets d'autoconsommation énergétique** séduisent de plus en plus les collectivités territoriales. Avec 8,2 MW de capacités installées en 2022, **l'autoconsommation collective (ACC)** reste cependant loin derrière son équivalente individuelle, à 1,3 GW.

- Les syndicats d'énergie du Morbihan et de la Loire-Atlantique ont lancé un projet d'autoconsommation solaire en 2016. **Le site pilote a été installé en 2018** à Pénestin (Morbihan), les panneaux couvrant alors une surface de 234 m². La quasi-totalité de la production était **attribuée à douze entreprises** situées dans un rayon de 500 mètres.

Un démonstrateur a ensuite été **inauguré en 2020** dans la commune d'Orvault (Loire-Atlantique). Le parking du syndicat a été recouvert de 470 m² d'ombrières photovoltaïques, alimentant notamment le siège de l'organisation et une salle de spectacle.

- Le Syndicat mixte des réseaux d'énergie calorifique (Smirec) a mis en place **une centrale photovoltaïque à La Courneuve** (Seine-Saint-Denis) en 2020. Les 200 m² de panneaux photovoltaïques, installés sur sa chaufferie, **fournissent de l'énergie à la chaufferie** alimentant le réseau de chaleur urbain. Celui-ci fournit du chauffage à la moitié des

L'ACC PATRIMONIALE, MODÈLE ÉNERGÉTIQUE SOCIAL

L'autoconsommation collective peut être organisée de différentes manières. Le modèle dit patrimonial attribue l'électricité produite aux bâtiments de la collectivité. Ce système peut également être social : il cible le logement social et réduit les charges, puis la facture de tous les locataires ayant adhéré à l'opération d'ACC.

logements de la commune. Le Smirec souhaite aller plus loin en utilisant le solaire dans une logique d'ACC. "Notre perspective est d'**aller ensuite vers l'autoconsommation collective**", confirme Laurent Monnet, directeur du Smirec. "Nous avons utilisé notre chaufferie, mais avons également commencé à **étudier le sujet avec les bailleurs sociaux**, comme Plaine Commune Habitat. L'idée est d'**utiliser les toitures de leurs immeubles pour installer des panneaux solaires** et produire de l'électricité qui servirait, notamment, aux parties communes des logements." Cette initiative permettrait de réduire la facture énergétique des habitants et d'**augmenter l'autonomie du territoire en matière d'énergie**, une priorité chez de nombreux porteurs de projets.

- La ville de Dijon s'est engagée dans **le projet européen Response**, qu'elle copilote avec la commune finlandaise de Turku, le projet intégrant par ailleurs **plusieurs dizaines d'autres villes** ainsi que des centres de recherche et des entreprises. Il vise à **atteindre une quasi-autosuffisance énergétique locale (98 %)** en recourant à l'énergie solaire et à divers systèmes de stockage, expérimentés dans le cadre du projet. En fin d'année 2023, **plus de 1,7 MW de capacités photovoltaïques** (dont des panneaux bifaces) seront ainsi installées dans le quartier Fontaine d'Ouche, où **trois opérations d'ACC** sont menées par la ville et des bailleurs sociaux. Implantés sur des toitures, des parkings et des pistes cyclables, les

"Le retour sur investissement était de 20 à 25 ans en 2019, ramené à 15 en 2021. On est aujourd'hui [en 2023] entre 10 et 15 ans."

Titouan Cavan,
responsable commercial
chez Enogrid.

panneaux solaires **fourniront de l'énergie à 14 bâtiments publics, à hauteur de 30 % de leur consommation. Près de 500 logements seront également desservis**, permettant d'alimenter prioritairement les parties communes des immeubles afin de réduire les charges locatives. Des batteries à flux circulants (*redox flow*), des systèmes de *vehicle-to-grid* et des batteries usagées de véhicules électriques seront **testés pour assurer le stockage de l'énergie**. Ce dernier s'avère indispensable pour garantir un approvisionnement énergétique local tout au long de l'année, et **éviter un surdimensionnement coûteux des infrastructures**. "Ce qui coûte cher au système électrique, c'est d'actionner des moyens de production pour couvrir la pointe", souligne Jean-Patrick Masson, conseiller municipal délégué à l'énergie de la ville de Dijon.

L'émergence de fermes solaires dans les territoires

Les collectivités développent des projets de parcs photovoltaïques au sol afin d'alimenter le territoire en énergie renouvelable. Ils présentent plusieurs avantages, dont **une puissance installée supérieure et des économies d'échelle** par rapport aux petites unités décentralisées. Ce type d'infrastructures entraîne toutefois **une plus grande emprise au sol**, ce qui peut limiter les possibilités d'implantation, sauf à artificialiser des terres agricoles.

- À Marcoussis (Essonne) a été installée en 2021 **une ferme photovoltaïque dotée d'environ 60 000 panneaux solaires**, ce qui en faisait alors le plus grand parc de ce type en Île-de-France. Avec **une capacité de 20,3 MW**, la ferme peut fournir de l'électricité à 10 000 personnes. Le projet a été lancé par la commune de Marcoussis et le Sigeif (Syndicat intercommunal pour le gaz et l'électricité en Île-de-France), et **mis en place par Engie**. Le groupe détient 60 % de la société ayant géré le projet, contre 20 % pour le Sigeif et 20 % pour les citoyens du territoire. Le financement a en effet été **effectué en partie via un crowdfunding**. Sur les 18,8 millions d'euros nécessaires au projet, près de

TECHNOLOGIE

DIVERS SYSTÈMES DE STOCKAGE POUR L'ÉLECTRICITÉ

Il existe une variété de technologies et d'organisations du réseau pouvant être utilisées pour stocker l'énergie produite. Dans le cas de Response, **les batteries à flux circulants ou flux redox** constituent un type de batteries intéressant au niveau de la flexibilité et de la durée de vie. Le **vehicle-to-grid** est un système énergétique où les véhicules prennent **le rôle de batteries mobiles** : en cas de pic de tension, ils peuvent réinjecter leur électricité dans le réseau, et se recharger quand la demande en électrons revient à la normale. Quant aux **anciennes batteries de voitures**, elles conservent une grande partie de leur potentiel après avoir été changées, et peuvent donc être réemployées.

1,4 million a été apporté par 424 habitants du département.

- Un autre projet a vu le jour en Essonne : les communes du Plessis-Pâté et de Brétigny-sur-Orge vont accueillir **une nouvelle installation fin 2024**. Les travaux ont commencé en 2023 et s'effectuent **sur d'anciens terrains militaires**, ce qui permet de ne pas artificialiser de terres. La ferme comptera **70 000 panneaux pour une capacité de 35 MW**, et pourra alimenter en électricité l'équivalent de la consommation de 15 000 personnes. Réalisé par l'entreprise Neoen, le projet devrait coûter environ 30 millions d'euros.

40 MWh

La production estimée de la future ferme photovoltaïque du Plessis-Pâté et de Brétigny-sur-Orge.

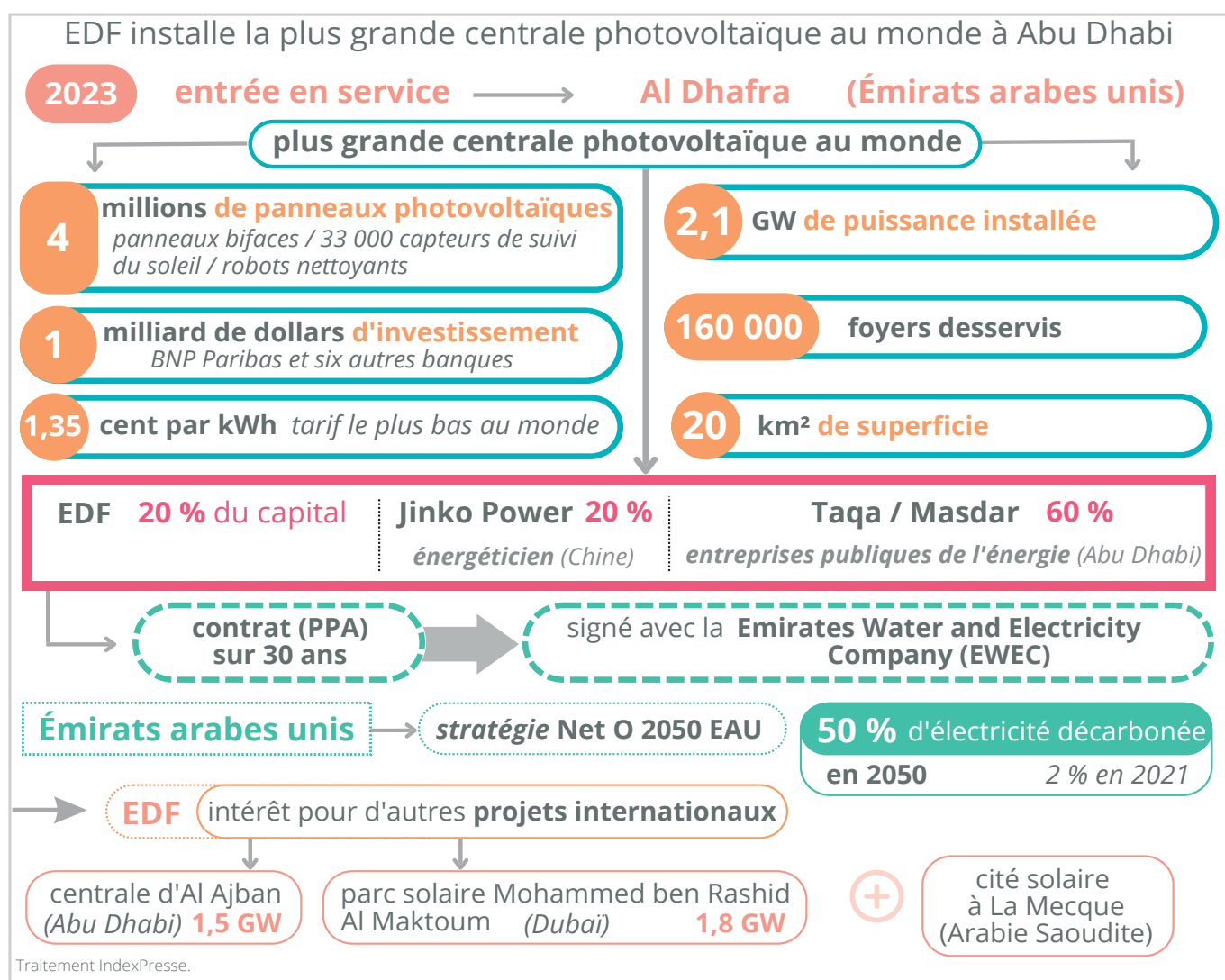
Source : Les Échos, 2023.

Les entreprises et organismes publics prennent le virage du photovoltaïque

Les projets d'installation de panneaux solaires concernent également des acteurs publics (entreprises, établissements...). Leur rôle peut varier : **un énergéticien comme EDF** se positionne comme meneur de projet, **la SNCF investit dans ses propres capacités** à mener des opérations pour un usage interne, tandis que d'autres acteurs se dotent de panneaux photovoltaïques auprès d'entreprises du domaine.

EDF s'affirme comme leader du photovoltaïque

Le groupe énergétique s'appuie sur sa filiale dédiée aux renouvelables pour **atteindre 30 % de parts de marché dans le solaire** en France à l'horizon 2035. Acteur historique du secteur, il poursuit son développement avec divers projets menés auprès de collectivités ou de sociétés privées.



Parmi ses nouveaux projets, le groupe compte notamment celui de **la lande de Sallebert**, près de Mézos (Lande). Ce parc photovoltaïque s'étendra sur 80 hectares et sera constitué de **230 000 panneaux solaires**, pour une puissance installée d'environ 100 MW. Prévu pour entrer en fonction en 2023, il alimentera **jusqu'à 50 000 personnes** en électricité.

EDF a par ailleurs été sélectionné en 2022 pour implanter **une centrale photovoltaïque sur des terrains de l'aéroport de Deauville-Normandie**. L'objectif est d'installer une puissance de 60 MW, supérieure à la consommation des ménages de la communauté de communes voisine et qui ferait de Deauville-Normandie **le premier aéroport régional producteur d'électricité verte** en Europe. Après un démarrage du chantier programmé pour 2023, la ferme solaire doit entrer en fonction durant l'année 2024.

Le projet Vitisolar représente une autre opération d'EDF dans le domaine. Visant à développer **un système agrivoltaïque sur vignes**, il doit doter une parcelle de 2 000 m² d'une structure en hauteur constituée de **panneaux bifaces orientables**. Vitisolar rassemble de nombreux partenaires tels qu'Ampex, l'Institut national de la recherche agronomique (Inrae), l'Institut des sciences de la vie et du vin (ISVV) ou encore la Chambre d'agriculture de Gironde. La structure solaire doit être fabriquée par Ampex, tandis qu'**EDF doit développer le démonstrateur** (modélisation, ingénierie, algorithmes de pilotage des panneaux). La conception du prototype a démarré en 2022 et devait s'achever en 2023 pour **une mise en service pour une durée de cinq ans**. EDF et ses partenaires étudieront l'impact du système sur la croissance des vignes.

UN PÔLE DE RECHERCHE PILOTÉ PAR L'INRAE

En février 2023, l'Inrae a cofondé le Pôle national de recherche, d'innovation et d'enseignement sur l'agrivoltaïsme (PNR AgriPV). La structure associe 37 acteurs de nature variée, entre développeurs solaires, producteurs agricoles, centres de recherche et semenciers. Coordonné par l'Inrae, le pôle est installé sur son site de Lusignan, en Nouvelle-Aquitaine.

La SNCF investit massivement dans le solaire

L'entreprise ferroviaire publique, à la fois grande consommatrice d'électricité et **propriétaire d'une importante surface foncière** (plus de 100 000 hectares), a décidé de s'engager fortement dans le domaine photovoltaïque. Elle a lancé un appel à manifestation d'intérêt (AMI) portant sur **la solarisation de 156 gares et de quatre grands halls**, soit un total de 190 000 m². Elle estime à **10 000 hectares la superficie maximale exploitable** à terme. L'AMI concerne principalement les parkings des gares, mais également les toitures des bâtiments et les abris sur les quais. **Un partenariat avec l'énergéticien Teneo** a été signé fin 2022, le projet final retenant 119 gares, soit une capacité d'environ 30 MW. La SNCF souhaite atteindre les 47 MW en 2025, puis **entre 150 et 200 MW** à l'horizon 2030, ce qui représenterait alors **plus**

L'INRAE S'ASSOCIE À ENGIE POUR LE DÉMONSTRATEUR CAMELIA

Installé sur une parcelle de 0,9 hectare de l'Inrae, le prototype consiste en 252 panneaux verticaux bifaces répartis en neuf haies. Pendant trois ans, les équipes de l'Inrae et d'Engie vont étudier l'impact d'une telle installation sur l'environnement aérien (vent, albédo...), souterrain (humidité du sol...), le stockage du carbone, la croissance de la biomasse, la biodiversité, le comportement des ruminants ou la facilité d'usage des engins agricoles. La production électrique sera également suivie. L'investissement d'un million d'euros est porté par Engie, qui se rémunérera en vendant l'énergie produite par Camelia à la laiterie de Laqueuille.

d'un million de mètres carrés de panneaux photovoltaïques.

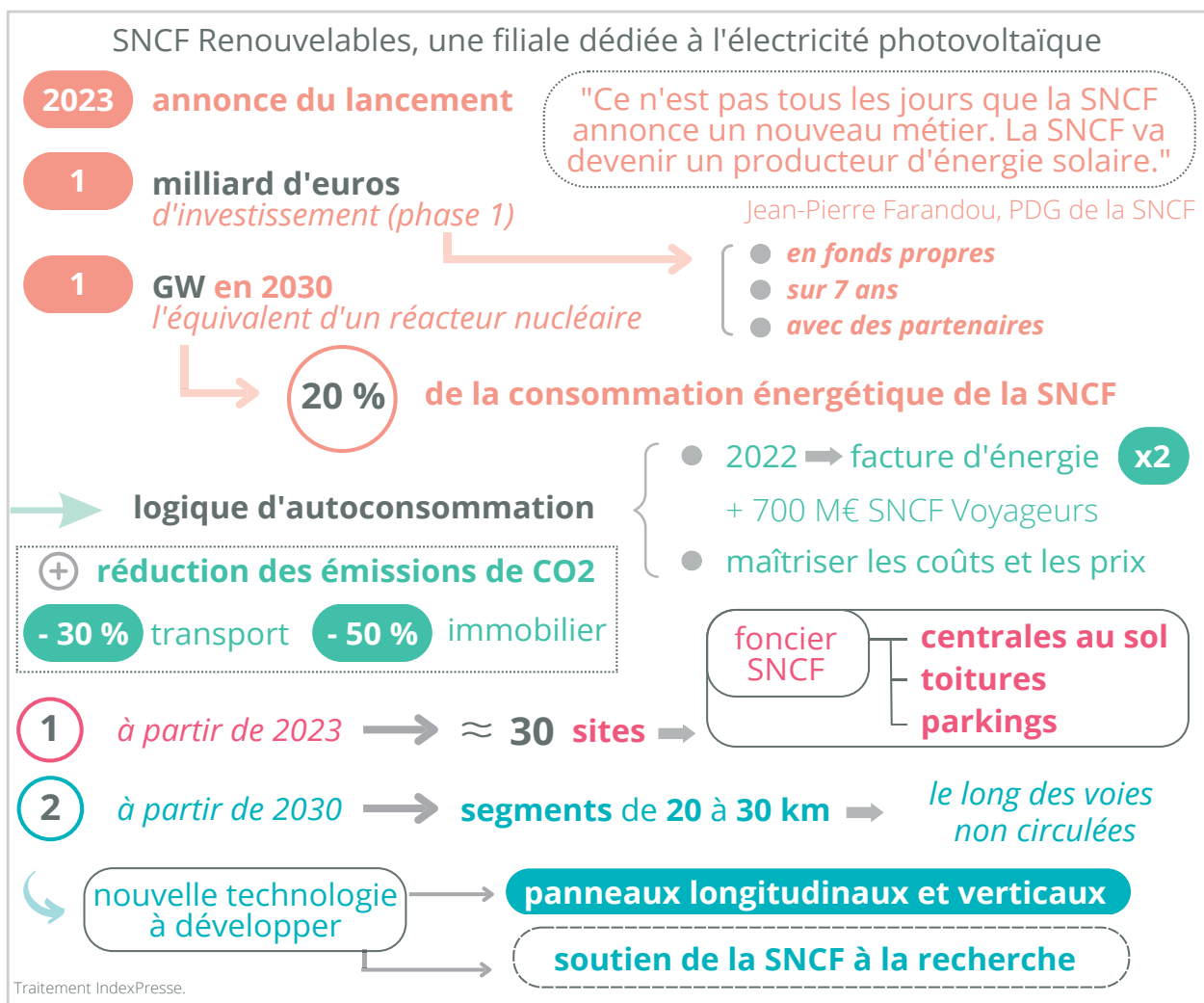
Les installations serviront à **injecter de l'électricité renouvelable dans le réseau**, et n'alimenteront pas directement les bâtiments et les trains de la SNCF. La mise en service des premiers panneaux devrait arriver en 2024. Ces derniers pourront en outre **améliorer l'expérience des visiteurs** dans les gares. "Outre la production d'électricité, la pose de ces ombrières participera au bien-être et au confort des clients des gares par la **protection des intempéries et des fortes chaleurs** qu'elles offrent", indiquent les deux partenaires du projet.

La SNCF pourrait **atteindre l'autosuffisance énergétique en 2050**, avec son plan de déploiement du photovoltaïque mené par sa nouvelle filiale, SNCF Renouvelables.

D'autres acteurs publics se dotent de panneaux solaires

De multiples projets ont été réalisés auprès d'organismes publics ou sont à l'étude pour l'installation d'infrastructures photovoltaïques.

- L'hôpital de Saint-Brieux (Côtes-d'Armor) souhaite mettre en place d'ici 2025 **une centrale photovoltaïque de 10 000 m²** pour couvrir 15 % de sa consommation d'énergie.
- Le centre hospitalier d'Évreux (Eure) veut installer une centrale au sol sur trois hectares, composée de **4 400 panneaux solaires**. La production devrait s'établir à 1,7 MWh par an, soit **25 % des besoins** de l'hôpital. Des ombrières seront également placées sur le parking du personnel, pour 0,5 MWh annuel, et l'électricité produite sera vendue à Enedis.



- Une opération de repowering a été mise en place au centre postal de la Millière, à Marseille. Le bâtiment accueille par ailleurs un établissement français du sang. Équipé de 2 500 panneaux solaires depuis 2009, il a connu un repowering en 2022. **Le rempla-**

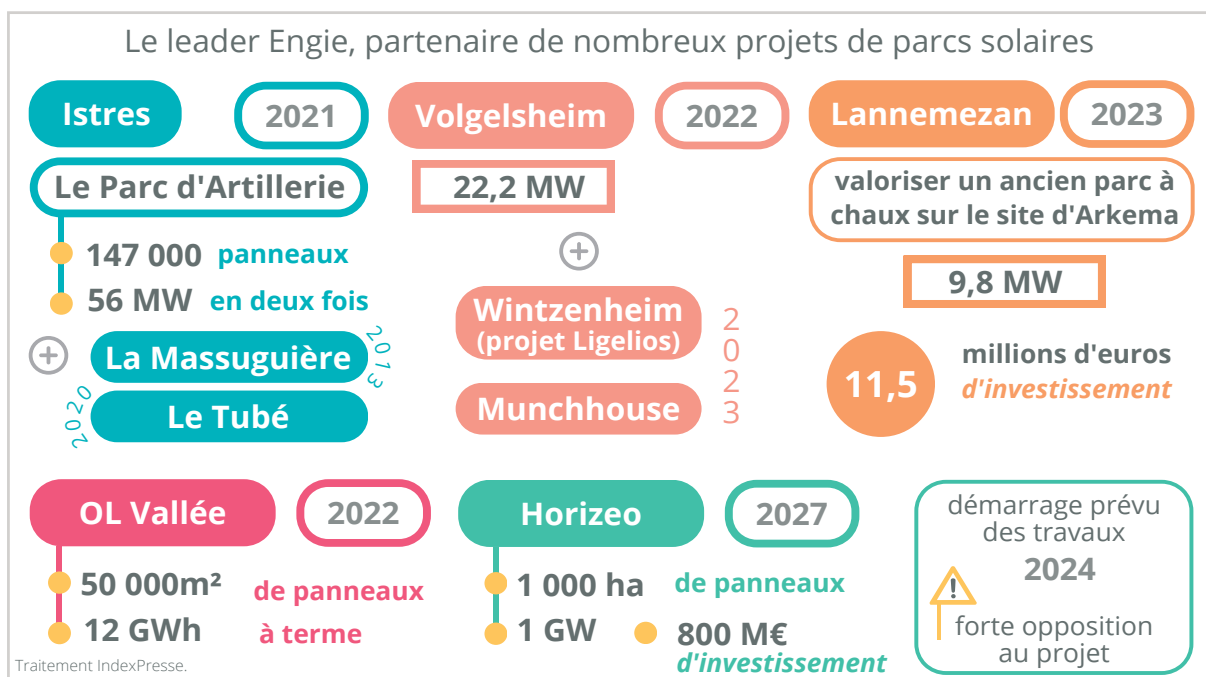
cement de l'installation par environ 1 600 panneaux "deux fois plus puissants" ainsi qu'un transformateur et des onduleurs plus modernes a permis d'accroître la production électrique d'un tiers, pour un total désormais établi à 820 MWh annuels.

Le photovoltaïque connaît un engouement dans le secteur privé

Entre calcul économique et affichage d'un volontarisme environnemental, les entreprises **adoptent de plus en plus des solutions de production d'électricité photovoltaïque**. Certaines optent pour l'achat de panneaux, espérant rapidement rentabiliser cet investissement. **La plupart privilégient néanmoins les CPPA** (*corporate power purchase agreement*), ces contrats permettant à l'utilisateur de **bénéficier d'un tarif fixe tout en préservant la trésorerie**, l'installation de la centrale solaire étant aux frais du développeur. Stabilité et résilience guident donc les décisions des managers.

Renault et Voltalia, le plus grand CPPA d'énergie verte en France

Annoncé fin 2022, ce contrat entre le constructeur automobile Renault et le développeur Voltalia se présente comme le plus important de ce type dans l'Hexagone. L'approvisionnement sera fourni par **l'installation d'une dizaine de fermes photovoltaïques affichant une capacité de 350 MW**. Il s'agira de centrales externes et non d'infrastructures sur les toitures ou les parkings des usines, comme le précise Laurent Pillot, Head of Power Sales chez Voltalia : "C'est ce qu'on appelle des



projets hors site, c'est-à-dire en-dehors du site de consommation du client." La mise en place des infrastructures devrait s'opérer à partir de 2025, pour **une entrée en service de l'ensemble du parc en 2027**. Le contrat s'étend sur une période de 15 ans et devrait permettre à Renault de **couvrir 50 % des besoins électriques de son activité de production**. Les différents parcs photovoltaïques alimenteront l'usine de Cléon (Seine-Maritime) et **le pôle ElectriCity**, qui comprend des sites à Douai, Maubeuge (Nord) et Ruitz, dans le Pas-de-Calais. Ce pôle est le plus important d'Europe et vise **un objectif de 500 000 véhicules produits** chaque année à partir de 2025.

Une variété d'entreprises adoptent le photovoltaïque

Les projets se multiplient et prennent des formes diverses. Les entreprises s'engagent **en particulier via l'autoconsommation individuelle**, afin d'atténuer l'impact de la volatilité des prix de l'énergie sur leurs dépenses, mais les logiques collectives deviennent également de plus en plus courantes. Responsable commercial chez Enogrid, Titouan Cavan note : "D'abord porté par des collectivités militantes, **l'ACC rallie des acteurs privés** soucieux d'économie et de résilience face au marché. Les entreprises ont abordé l'autoconsommation à l'échelle individuelle, elles la pratiquent **de plus en plus en synergie avec les voisins**." Si tous les secteurs se mettent progressivement à recourir au photovoltaïque, certains sont davantage affectés par les hausses de prix de l'énergie. Selon le syndicat professionnel Enerplan, **la facture d'électricité peut être diminué de 20 % à 40 %** en moyenne grâce à l'autoconsommation. "L'intérêt est évident pour le commerce, gros consommateur de froid".

- Fin 2021, l'hypermarché E.Leclerc des Portes de l'Allier avait installé **la plus grande centrale photovoltaïque pour un magasin** de ce type sur son parking. D'une surface de 22 000 m², l'infrastructure affiche une puissance de 4,2 MW, soit l'équivalent de **30 % de la consommation annuelle** de l'hyper. En ajoutant les 69 bornes de recharge pour véhicules électriques déployées sur le parking, l'investissement s'est élevé à **5 millions d'euros**.

ros. Les ombrières permettent également de protéger les clients du soleil ou de la pluie.

- À la même période, l'hypermarché Cora de Wittenheim a lui aussi installé **des panneaux solaires sur son parking** de 1 540 places, pour une puissance de 5,2 MW. Il s'agissait du **premier chantier de ce type** pour la chaîne de magasins.
- L'enseigne de produits biologiques Biocoop a quant à elle ouvert **un entrepôt équipé de panneaux solaires** en 2022. Implanté dans l'Essonne, près de Paris, le site dispose d'**une centrale photovoltaïque de 24 000 m² sur sa toiture**. "Dès la conception du bâtiment, il était important pour nous d'avoir un bâtiment le plus neutre possible en termes d'empreinte carbone car **c'est une démarche globale de notre entreprise**", indique la directrice supply chain de Biocoop, Julie Schira. **La production de 1,8 GWh par an** sert à alimenter l'entrepôt, mais l'objectif principal du promoteur Barjane est de la revendre à EDF.
- L'industriel de l'agroalimentaire Sodebo a lancé en 2020 **un projet de centrale photovoltaïque** qui devrait aboutir en 2024. Son site de Saint-Georges-de-Montaignu (Vendée) accueillera **un parc de 95 000 m² de panneaux solaires**, dont l'installation commencera fin 2023. L'infrastructure permettra de produire à hauteur de **11 % de la consommation électrique annuelle** du groupe. L'installation sera composée de **plusieurs catégories**

"En toiture et sur parking, l'enseigne aligne 300 000 m² et en totalisera 500 000 fin 2023.

Sur les magasins équipés, 30 % des besoins d'électricité sont couverts sur l'année, avec une surproduction en été."

Matthieu Fréchon, directeur technique de Lidl.

de modules : des ombrières seront installées sur des parkings, tandis qu'une centrale au sol sera mise en place dans un second temps. Les toitures des bâtiments du site recevront également des panneaux photovoltaïques.

- Le groupe pharmaceutique Sanofi a inauguré en avril 2023 **un parc photovoltaïque de 3,3 hectares** à Montpellier (Hérault). Sa production annuelle s'élève à 5,5 MWh, ce qui permet de couvrir **17,5 % des besoins** du site en électricité. À la même période, le groupe a ouvert une autre ferme photovoltaïque sur son site d'Aramon (Gard). Composée de **7 720 panneaux bifaces**, elle affiche une puissance de 4 MW. Directement reliée au site dans une logique d'autoconsommation, elle couvre **11 % des besoins** de l'usine et vient compléter les 5 000 m² d'ombrières déjà en place. Le projet a reçu **900 000 euros d'aide** du fonds européen Feder, octroyés par la région Occitanie.
- L'équipementier automobile Forvia (issue de la fusion entre Faurecia et Hella) s'est engagé à **doter 150 de ses sites** de panneaux solaires, ce qui représentera **une centaine d'hectares de panneaux** pour une production équivalente à 7 % de la consommation du groupe. La puissance installée sera de **100 MW**. La nouvelle usine d'Allenjoie (Doubs) dispose par exemple de **1 400 m² de panneaux** et devrait accueillir 1 000 m² supplémentaires en 2024. "Lancé bien avant le début du conflit, notre plan d'équipement solaire avait alors surtout pour vocation de **contribuer à atteindre nos objectifs de neutralité carbone** à l'horizon 2025", précise Rémi Daudin, vice-président de Forvia en charge de la transformation durable. Cette anticipation a permis au groupe de négocier des tarifs inférieurs aux standards actuels.
- Le groupe de cosmétiques L'Oréal a signé un CPPA avec EDF début 2023, portant sur **l'installation de deux fermes photovoltaïques**, l'une en Corrèze et l'autre dans les Vosges. Avec une puissance installée de 27 MW, ces dernières couvriront 25 % de la consommation électrique de L'Oréal. La première centrale devrait être mise en service fin 2024, tandis que la seconde était atten-

"Alors que l'an dernier encore [en 2022], nos adhérents devaient batailler pour convaincre leurs interlocuteurs d'adopter nos solutions, désormais ce sont eux qui nous sollicitent pour qu'on intervienne dans les plus brefs délais."

Richard Loyer, directeur général du syndicat Enerplan.

due à la mi-2025. Le contrat est prévu pour une durée de 15 ans.

D'autres initiatives ont eu lieu dans le domaine, notamment :

- Le groupe Safran souhaite installer 50 MW de panneaux sur environ 50 de ses sites.
- Le chimiste Solvay envisage de solariser une de ces friches, d'une surface de 77 hectares.
- Un tapis roulant de la station de montagne SuperDévoluy a été recouvert de panneaux solaires, ce qui constitue une première.

UN FONDS DE GARANTIE PUBLIC DES PPA

Afin de favoriser les PPA, l'État a mis en place en 2022 un fonds doté de 68 millions d'euros destinés aux entreprises du secteur de l'énergie. Le fonds se substitue aux acteurs privés en cas de défaillances. "Ce mécanisme de garantie publique assure aux producteurs d'énergies renouvelables qu'ils seront payés, y compris si l'industriel fait faillite", indiquait alors le ministère de l'Économie et des Finances.

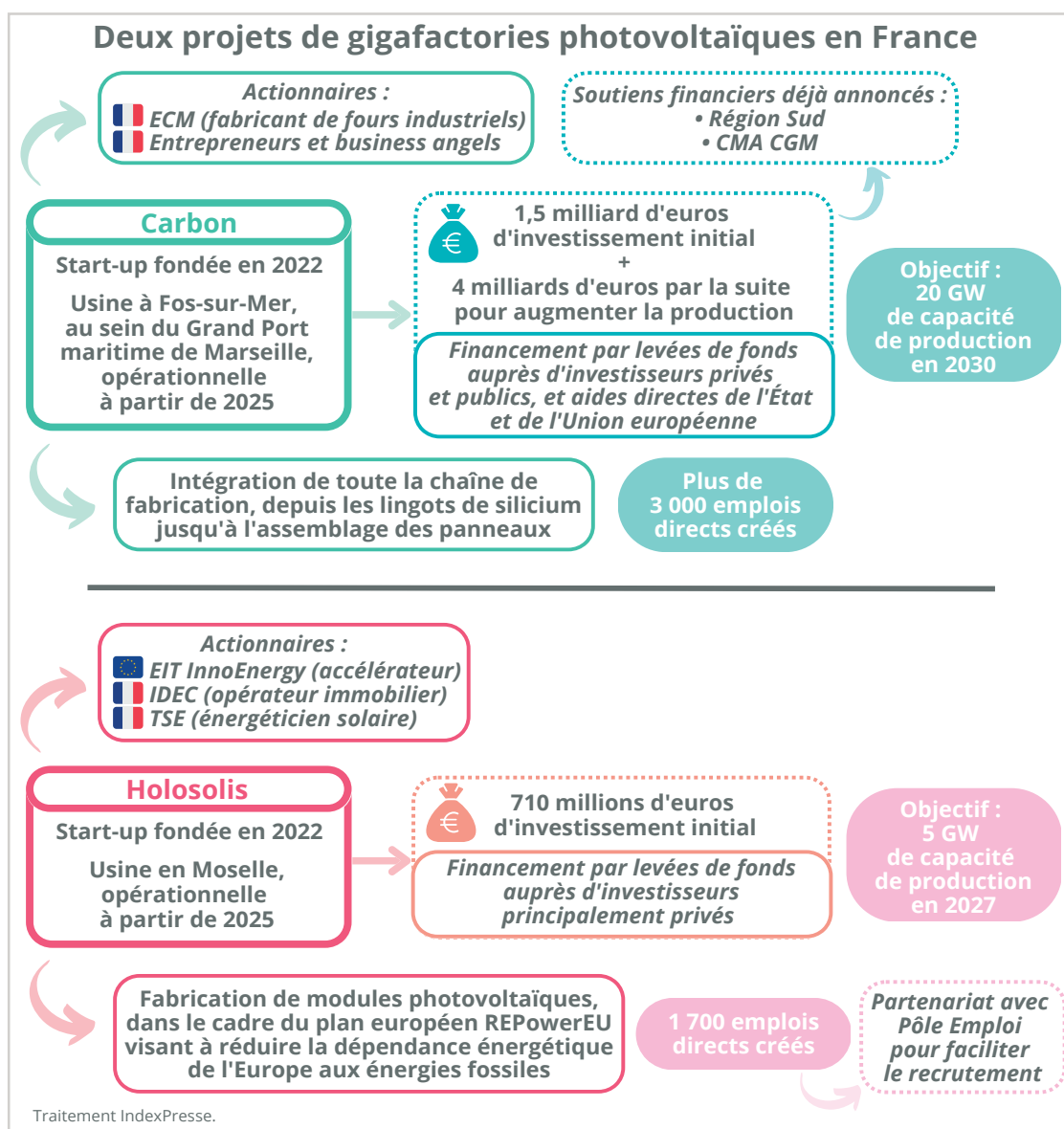
LE POTENTIEL DE LA FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE ATTIRE DE NOUVEAUX ENTRANTS

La fabrication française à la relance

Des projets d'ampleur

Alors que l'énergie photovoltaïque est amenée à occuper une place majeure dans la décarbonation du mix énergétique français, il devient crucial de retrouver une certaine souveraineté vis-à-

vis de la fabrication des équipements solaires, jusque-là ultradominée par l'Asie. Soutenus par le gouvernement et l'Europe, plusieurs projets de grande envergure – des gigafactories –, portés par de jeunes pousses, voient le jour.



LE POTENTIEL DE LA FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE ATTIRE DE NOUVEAUX ENTRANTS

Pour Pierre-Emmanuel Martin, président de la start-up Carbon, au cœur d'une de ces initiatives, "[c'est] la réponse française [à la question de savoir] comment sortir de la dépendance à la Chine sur les panneaux solaires". Si le financement de ces nouveaux sites de production repose majoritairement sur des acteurs privés, **le soutien étatique à la filière favorise les investissements dans l'Hexagone**, comme le souligne Karine Vernier, directrice France de l'accélérateur européen EIT InnoEnergy, actionnaire du projet Holosolis : "La France a fourni un immense soutien stratégique et financier. On y a vu **une véritable volonté d'industrialiser le photovoltaïque**."

La production en France, une nouvelle priorité

Dans le même temps, de jeunes fabricants français veulent s'installer sur le marché en privilégiant eux aussi une production nationale, à une échelle plus réduite. Ils profitent ainsi de la dynamique entourant le photovoltaïque made in France et **s'inscrivent dans l'élan de la réindustrialisation**.

• Reden Solar

Apparue en 2017 suite à la cession de la branche photovoltaïque du groupe Fonroche aux fonds Eurazeo et Infravia Capital Partners, Reden Solar **fabrique ses propres panneaux solaires, ensuite exploités pour son activité de producteur d'électricité**. Un an après avoir de nouveau changé de propriétaire, en passant sous le contrôle d'un consortium de fonds étrangers (Macquarie Asset Management, British Columbia Investment Management et MEAG), Reden Solar a annoncé en mai 2023 un investissement de 4 millions d'euros pour se doter d'une nouvelle ligne de production de panneaux solaires au sein de son usine du Lot-et-Garonne. "Pour continuer à produire nos propres panneaux, il nous faut **investir pour suivre les évolutions technologiques**. Nous avons des coûts de production plus élevés de 6 à 8 % par rapport aux grands fabricants asiatiques mais cela nous permet de **rester indépendants, de garder la maîtrise de la qualité** et d'anticiper les évolutions technologiques", détaille Thierry Carcel, PDG de Reden Solar, dans *Les Échos*.

• Heliup

Issue du CEA et lancée en septembre 2022, la start-up Heliup fabrique des panneaux solaires **trois fois plus légers que la moyenne grâce à une technologie de verre mince**, protégée par trois brevets. Collés directement sur les toits, ils s'avèrent particulièrement appropriés pour couvrir les toits des entrepôts et des enseignes commerciales. Associée à la filiale d'un grand groupe du bâtiment, la jeune société cherche à lever des fonds en 2023 pour pouvoir construire sa propre usine. "Nous nous concentrons sur la production en France de nos panneaux qui se positionnent à **un coût compétitif par rapport aux solutions classiques**", indique Yannick Veschetti, président et cofondateur de la start-up. Ce futur site, qu'Heliup espère pleinement opérationnel en 2025, doit permettre de produire 250 000 m² de panneaux photovoltaïques par an. En attendant, l'entreprise vise un chiffre d'affaires compris entre 5 et 8 millions d'euros en 2024.

• CréaWatt Fabrick'

En 2020, le groupe français Phoenix a lancé CréaWatt' Fabrick', une start-up industrielle dédiée à la conception et à la production de panneaux photovoltaïques légers. Elle complète son offre sur ce marché, déjà établie autour d'Enr'J Solaire (études et commercialisation de projets solaires) et de G Solar (installation et maintenance de centrales photovoltaïques, et formation à la pose). En 2023, CréaWatt' Fabrick' a annoncé l'ouverture de deux lignes de production de panneaux à Amilly (Loiret) en 2024 et 2025. Ce nouveau site sera bâti **en collaboration avec le groupe chinois Sunman**, qui renforcera ainsi sa production destinée au marché européen. CréaWatt' Fabrick' a également obtenu un soutien de 300 000 euros de la région Centre-Val de Loire. La société compte poursuivre ses efforts pour **ancrer son activité dans le territoire**, comme l'explique Jean-Noël Gaine, dirigeant de la start-up, à propos de certains composants : "On cherche des solutions pour fabriquer nos panneaux sans avoir besoin de silicium ou de métaux rares, et puis aujourd'hui la fibre qui les entoure est en caoutchouc, fabriquée à partir d'hévéa. On se dit qu'on pourrait faire faire du chanvre à des agriculteurs locaux."

La recherche et l'innovation valorisent les projets français

La domination asiatique sur l'étape de production incite les acteurs français qui souhaitent intégrer le marché à **se positionner sur des produits photovoltaïques à forte plus-value**, dont la fabrication n'est pas encore monopolisée par l'Asie. Ainsi, les gigafactories de Carbon et Holosolis vont se concentrer sur **les cellules Topcon, de nouvelle génération, qui affichent un rendement supérieur** aux cellules Perc, jusque-là les plus répandues. "Les cellules Topcon devraient porter le rendement de conversion de 21 à 22,5 %. Par ailleurs, les équipements industriels nécessaires à leur fabrication apparaissent plus performants que ceux disponibles pour les cellules à hétérojonction, une autre technologie innovante. Mais la principale différence entre les deux technologies réside dans le coût des consommables : un module Topcon requiert 40 % de moins de pâte d'argent qu'un module à hétérojonction", explique le président d'Holosolis, Jan Jacob Boom-Wichers.

La France peut compter sur **un écosystème dense en matière de recherche**. "Le solaire a

longtemps eu mauvaise presse en France, mais le CEA y croit. Nous misons depuis des années sur l'hétérojonction", affirme dans *L'Usine Nouvelle* Franck Barruel, responsable de projets stratégiques au CEA-Ines (Institut national de l'énergie solaire). Mais l'organisme collabore également avec Carbon et Holosolis sur les cellules TopCon, via le Liten (Laboratoire d'innovation pour les technologies des énergies nouvelles et les nanomatériaux). L'IPVF (Institut photovoltaïque d'Île-de-France) représente aussi un partenaire de choix pour les start-up françaises dans leur développement technologique. Il se concentre particulièrement sur la pérovskite, **l'un des matériaux les plus prometteurs pour la technologie des couches minces**. "Des cellules à pérovskite seront produites et commercialisées à l'horizon de trois ans", estimait fin 2022 Roch Drozdowski-Strehl, directeur de l'IPVF.

Cette course à l'innovation offre des opportunités à la filière française pour **bâtir une production nationale centrée sur les cellules de demain**. "Il n'y a pas le choix. Le marché est là, colossal, et il faut créer les conditions pour faire émerger une industrie", conclut Anis Jouini, directeur du CEA-Ines, dans *L'Usine Nouvelle*.

Soy PV mise sur le CIGS

Ancien directeur scientifique de l'Institut photovoltaïque d'Île-de-France, Daniel Lincot a cofondé en 2021 Soy PV, une start-up produisant des cellules photovoltaïques CIGS. Celles-ci reposent sur la technologie des couches minces, qui délaisse le silicium, matériau traditionnellement utilisé, au profit d'autres matières premières plus performantes pour capter l'énergie solaire. Le CIGS se base sur un assemblage de cuivre, d'indium, de gallium et de sélénium. Selon Daniel Lincot, les performances de ces nouvelles cellules "ouvrent de multiples fenêtres d'opportunité pour mettre du solaire partout". Elles facilitent également la fabrication de panneaux souples et plus légers. Enfin, elles ouvrent la voie à des dispositifs en tandem, associant le silicium et les couches minces, pour améliorer le rendement énergétique.

Soy PV veut faire sortir une usine de terre dans le sud de Paris dans les années à venir. Une ligne pilote devrait déjà entrer en fonctionnement fin 2023. "L'idée est de profiter d'un ancrage local et d'un environnement portant vers l'innovation (le plateau de Saclay) pour fournir les cellules nécessaires aux intégrateurs de couches minces européens", indique *PV Magazine* à propos du choix de l'emplacement du site. Soy PV souhaite faire émerger une véritable filière française autour du CIGS. La start-up compte notamment sur le soutien du CNRS sur le volet recherche, et de l'entreprise Solar Cloth, autre acteur français positionné sur le CIGS à travers ses modules flexibles.

Le recyclage, un segment en devenir

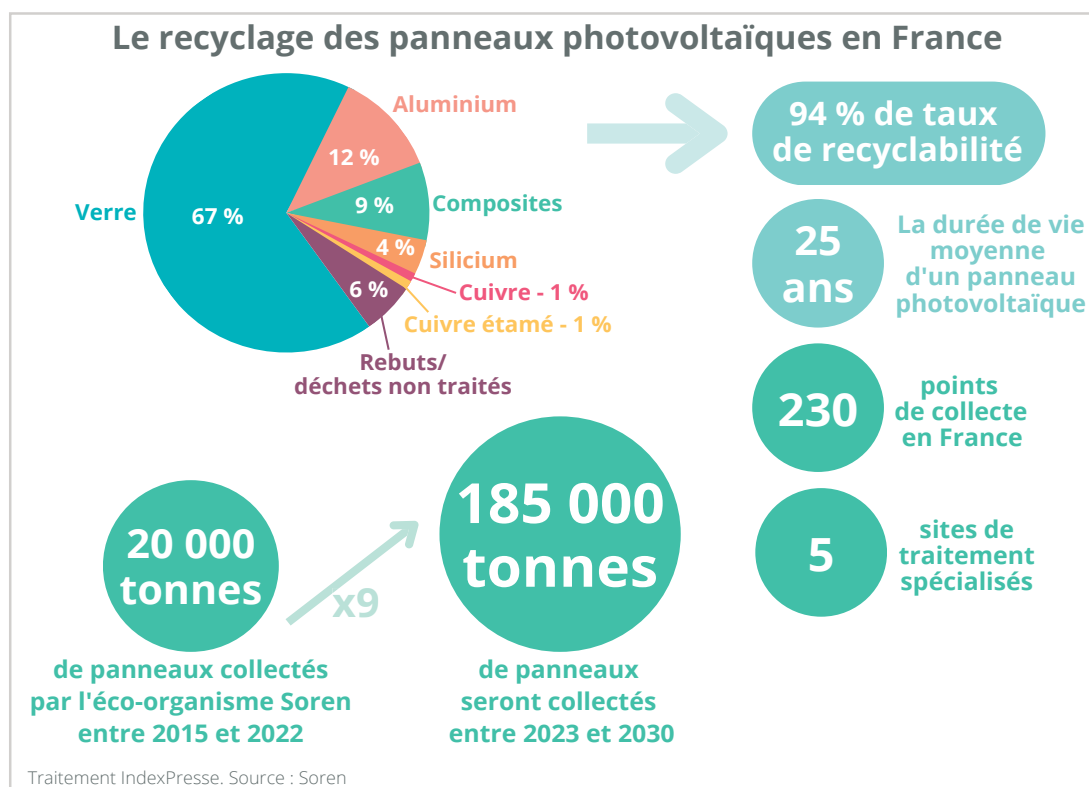
Un éco-organisme, mais peu de sites de traitement dédiés

Majoritairement composés de verre, d'aluminium et de matériaux composites, les panneaux photovoltaïques affichent **un fort taux de recyclabilité, compris entre 90 et 94 %** selon l'éco-organisme Soren. Ce dernier a vu le jour en 2007 dans un cadre européen. Initialement nommé PV Cycle France dans l'Hexagone, il a changé d'appellation en 2021. Soren se charge de "structurer et coordonner le réseau de collecte et de traitement des panneaux solaires photovoltaïques usagés sur l'ensemble du territoire", explique *Mat Environnement*.

Les sites de recyclage spécialisés dans les panneaux solaires **demeurent cependant peu nombreux en France** : Soren en dénombre cinq. Le premier a été inauguré par Veolia en 2018, près d'Aix-en-Provence, et a permis d'améliorer le taux de recyclabilité des équipements. "Auparavant, les panneaux étaient traités par un verrier en Belgique. Désormais, ils seront recyclés en France et de façon plus poussée, car le silicium sera ré-

cupéré", expliquait à l'époque Nicolas Defrenne, directeur général de Soren.

Depuis, l'éco-organisme a sélectionné trois autres opérateurs tricolores pour développer la filière : Galloo, un spécialiste du recyclage de métaux ferreux et non ferreux ; Envie 2E, un réseau d'entreprises d'insertion professionnelle œuvrant dans l'économie circulaire ; Rosi Solar, une start-up. En 2022, Soren et Envie 2E ont inauguré une nouvelle usine en Gironde, suite à un investissement de 2 millions d'euros. L'une de ses particularités est d'utiliser un **procédé de délamination par lame chaude** pour traiter les panneaux photovoltaïques. Cette technique, encore peu répandue, permet notamment de récupérer du verre plat. "Cette unité de traitement, par délamination, va permettre **un recyclage à très haute valeur ajoutée pour récupérer un maximum de composants** des panneaux, et en particulier le silicium et l'argent. Notre enjeu, c'est que les matières premières de la transition énergétique puissent être régénérées pour continuer à être efficaces", indique Nicolas Defrenne.



Un potentiel attrayant susceptible de renforcer l'offre

S'il existe peu d'acteurs spécialisés dans le recyclage des panneaux photovoltaïques, **la quantité en hausse de déchets collectés pourrait attirer de nouvelles entreprises sur ce segment**. "Sachant qu'un panneau a une durée de vie d'environ 25 ans, nous allons mathématiquement rentrer dans une période très chargée, l'ensemble du parc ayant été installé depuis les années 2010", expliquait Nicolas Defrenne, directeur général de Soren, en 2022. La quantité de panneaux collectés devrait avoisiner les 185 000 tonnes sur la période 2023-2030, contre 20 000 tonnes entre 2015 et 2022.

Au niveau international, les prévisions font également état d'un secteur porteur. Selon le cabinet Rystad Energy, qui se concentre sur l'analyse de données énergétiques, le marché des matériaux recyclables utilisé dans les panneaux photovoltaïques va **passer de 170 millions de dollars en 2022 à 2,7 milliards en 2023**. Il pourrait ensuite s'envoler pour flirter avec les 80 milliards à

l'horizon 2050. "Nos prévisions montrent que **les matériaux récupérés des panneaux mis au rebut pourraient représenter 6 % des investissements dans le solaire photovoltaïque d'ici à 2040**, contre seulement 0,08 % aujourd'hui", analyse le cabinet. Cette montée en puissance s'explique par la volonté de réduire la pression sur le secteur minier, d'abaisser l'empreinte carbone des panneaux produits, mais aussi de **diminuer la dépendance vis-à-vis des approvisionnements chinois en matières premières**. Si la situation actuelle reste en l'état, "le niveau de concentration [de la Chine] sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement mondiale représenterait une vulnérabilité considérable", estime Fatih Birol, directeur exécutif de l'Agence internationale de l'énergie.

Le recyclage présente donc un potentiel indiscutable. Les spécialistes de la gestion des déchets et autres start-up bénéficient d'opportunités pour s'implanter sur cette activité, aussi bien pour **augmenter les capacités de traitement que pour continuer d'optimiser le taux de recyclabilité des panneaux photovoltaïques via l'innovation**.

Rosi Solar valorise davantage les métaux

Se basant sur des méthodes d'extraction mises au point par le CNRS et l'Université de Grenoble, Rosi Solar parvient à récupérer et valoriser la partie active des cellules photovoltaïques, notamment composée d'argent, de cuivre et de silicium. "Trois métaux aujourd'hui difficiles à extraire, qui finissent généralement broyés. Un gâchis aussi bien écologique qu'économique : ils représentent 20 % de la matière du panneau... mais 80 % de sa valeur !", décrit *L'Usine Nouvelle*.

Pour parvenir à extraire ces métaux, Rosi Solar fait subir aux cellules un traitement de chimie douce, qui permet de séparer les matières. "Nous sommes moins un recycleur traditionnel qu'un fournisseur de matières premières par la voie du recyclage", explique Antoine Chalaux, directeur général de la start-up née en 2017.

En avril 2023, Rosi Solar a ouvert sa première usine à La Mure, près de Grenoble. Une levée de fonds de 7,5 millions d'euros a permis de financer la construction. L'institut européen d'innovation et de technologie, le Conseil européen d'innovation et la maison de commerce japonaise Itochu ont participé au tour de table. Bpifrance, via un prêt, et le plan France Relance, au travers de subventions, ont également soutenu le projet. L'équivalent de 3 000 tonnes de modules photovoltaïques usagés seront traités sur ce site en 2023, puis 10 000 tonnes en 2024. Avant que les panneaux n'arrivent, le réseau Envie 2E les prend en charge dans son usine de Gironde pour enlever le verre, le cadre en aluminium et le boîtier de jonction.

Rosi Solar prévoit déjà d'inaugurer deux autres sites d'ici 2025, probablement en Espagne et en Allemagne. La société veut augmenter ses volumes collectés et traités pour accélérer sur la résolution de son principal défi : "créer un marché viable économiquement, autant pour la collecte des panneaux que de la quête de débouchés pour ses matières", résume *L'Usine Nouvelle*.

Des clientèles spécifiques cibles d'innovation

L'agrivoltaïsme dope la recherche

“Les panneaux photovoltaïques fixes, posés à 1 ou 2 mètres du sol, n'apportent pas de valeur ajoutée aux cultures”, indique *L'Usine Nouvelle*. Afin de **déployer des installations adaptées aux exploitations agricoles**, les innovations se multiplient. Les grands énergéticiens se montrent dynamiques, tant pour optimiser le rendement des panneaux que pour rendre l'adoption de telles infrastructures plus acceptable chez les agriculteurs. “Les énergéticiens qui s'y intéressent avancent en ordre dispersé pour **démontrer qu'ils ont bien compris que les projets agrivoltaïques devaient d'abord être des projets agricoles**”, poursuit *L'Usine Nouvelle*. Ainsi, parmi les grands groupes, Engie Green, EDF Renouvelables ou TotalEnergies possèdent tous **des démonstrateurs de panneaux photovoltaïques biface**, parfois verticaux, parfois orientables, pour expérimenter l'impact de ces installations sur les cultures et l'élevage. D'autres énergéticiens lancent leur projet comme Arkolia, qui a installé sept parcs photovoltaïques avec pâturages entre 2014 et 2019, ou TSE, dont la première canopée solaire agricole est entrée en action en juin 2022.

L'agrivoltaïsme attire aussi des start-up, qui profitent de la jeunesse du segment pour s'y faire une place. Derrière Sun'Agri et ses panneaux solaires mobiles, Ombrea promet un dispositif similaire. Fondée en 2016, la jeune entreprise a

mis au point des **structures solaires modulables, pilotées avec l'intelligence artificielle**. Des capteurs récoltent des données (pluviométrie, température des sols, intensité lumineuse, etc.), puis le système peut ordonner aux panneaux de se replier en cas de besoin. Ainsi, les cultures ne sont pas gênées. La société se rémunère en revendant l'électricité produite. Ombrea a levé 10 millions d'euros en 2021 et reçoit “des demandes de partout, y compris de pays limitrophes”, assure sa cofondatrice Julie Davico-Pahin début 2023 dans *Les Échos*. Quelques mois plus tôt, la société concluait un accord avec La Banque des territoires pour accélérer le financement et le développement de projets photovoltaïques.

Plus en amont, Davele revendique le statut de “premier bureau d'études en France spécialisé en agrivoltaïsme appliqué à l'élevage”. Née en 2020, cette jeune pousse “axe ses recherches autour de trois piliers : le bien-être animal, le végétal et le suivi microclimatique”, indique *La Tribune*. L'objectif final est de proposer aux agriculteurs, énergéticiens et collectivités des **outils d'aide à la décision pour mener les projets d'agrivoltaïsme le plus efficacement possible**. Incubée à Agro Vallée Méditerranée, Davele a également rejoint l'accélérateur CleanTech Booster fin 2022. La société vise 4,5 millions d'euros de chiffre d'affaires à l'horizon 2027, contre 300 000 euros en 2022.

Sun'Agri, un pionnier de l'agrivoltaïsme dynamique

2019

Création

Filiale de Sun'R

Racheté par Eiffage en 2022

Panneaux solaires pilotables et orientables placés au-dessus des cultures



Application MySunAgri pour suivre les données collectées et le pilotage des panneaux

Partenariats avec plusieurs énergéticiens



Engie
Qair



RWE



Iberdrola

20 millions d'euros

investis en R&D par Sun'R depuis 2009

37 projets lauréats

lors des appels d'offres "solaire photovoltaïque innovant" lancés en 2020 et 2021 par la Commission de régulation de l'énergie

Traitement IndexPresse.

LE POTENTIEL DE LA FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE ATTIRE DE NOUVEAUX ENTRANTS

Les particuliers, un public de plus en plus attractif

Alors que 74 % des Français auraient envie de se doter de panneaux solaires, seul 1 % passe réellement à l'action, révèle une enquête OpinionWay. "Les raisons sont structurelles et émotionnelles. Cela coûte cher, les installations sont complexes et les panneaux ne conviennent pas esthétiquement", analyse Ralph Feghali, fondateur de la start-up Beem Energy. De plus en plus de jeunes sociétés investissent donc le marché pour **faciliter l'accès du photovoltaïque aux particuliers**. L'innovation prend généralement la forme de **kits solaires "clés en main", vendus directement aux consommateurs**. "[Elle] peut être installée par le plus profane des bricoleurs, sans l'aide d'un électricien", indique *Les Échos* à propos de City, la station solaire de la start-up Sunology, conçue pour être montée sur les balcons ou les garde-corps des immeubles. Sur ce créneau, **la concurrence commence à s'intensifier** et chaque jeune pousse fait valoir ses

atouts, entre chiffre d'affaires en hausse et levées de fonds successives.

Plusieurs défis restent cependant à relever pour ces nouveaux acteurs du photovoltaïque.

Le rapatriement de la production en France s'impose comme l'un des principaux, alors que les kits solaires proposés par ces start-up proviennent majoritairement d'Asie. **Le stockage de l'énergie générée, et plus précisément la rentabilité d'une telle opération**, devient également une thématique sur laquelle le secteur devrait se concentrer à l'avenir. "C'est actuellement un enjeu de la filière sur les grandes installations, mais pas encore sur le résidentiel. Les technologies coûtent cher, et la durée de vie d'une batterie est bien inférieure à celle d'un panneau", explique Guy Baret, directeur des développements solaires du fabricant de tuiles Edilians. En avril 2022, la revue *Négoce* notait cependant que **de premiers dispositifs consacrés au stockage chez les particuliers apparaissent sur le marché**, commercialisés par l'allemand Solarwatt ou le chinois Huawei.

Trois start-up françaises proposant des kits solaires aux particuliers

	Oscaro Power	Beem Energy	Sunology
Année de création	2018	2019	2019
Puissance des kits proposés	375 ou 405Wc	300 ou 420W	400 (posée au sol) ou 405 W (fixée sur un balcon ou garde-corps)
Circuits de distribution	Site de l'entreprise	Site de l'entreprise, enseignes spécialisées (Leroy Merlin, Boulanger)	Site de l'entreprise, sites spécialisés, enseignes spécialisées (Leroy Merlin)
Chiffre d'affaires	30 millions d'euros (2022)	7 millions d'euros (2022)	20 millions d'euros (2022)
Fonds levés depuis la création	4 millions d'euros	29 millions d'euros	11 millions d'euros

Traitement IndexPresse. Source : presse

Les panneaux solaires hybrides de DualSun à la conquête de leur public

“La demande augmentait déjà depuis quelques années, mais c’est sans commune mesure avec ce qui se passe aujourd’hui. Depuis février, avec la guerre en Ukraine et toutes les conséquences énergétiques qu’elle implique, la dynamique s’est massivement intensifiée”, relatait en 2022 Jérôme Mouterde dans *Capital*. À la tête du fabricant de panneaux photovoltaïques DualSun, le dirigeant constatait que les installateurs avaient désormais du mal à suivre le rythme d’installation chez les particuliers.

Pour l’entreprise née en 2012, cet engouement constitue une opportunité massive de promouvoir ses panneaux hybrides. Ces derniers produisent à la fois de l’électricité et de l’eau chaude sanitaire, grâce à un échangeur thermique associé à un module photovoltaïque. “Nous valorisons les 85 % de la chaleur qui est habituellement perdue dans les panneaux”, explique Jérôme Mouterde.

Rentable depuis 2021 avec un chiffre d’affaires de 17 millions d’euros réalisés cette année-là, DualSun a levé 10 millions d’euros à l’été 2022. La société veut booster son développement commercial, notamment à l’international où elle réalise déjà 20 % de son activité, et accélérer sa R&D pour optimiser la connexion de son panneau aux pompes à chaleur, un équipement de plus en plus répandu dans l’habitat.

Si les particuliers représentent une clientèle phare pour DualSun, le fabricant ne se limite pas à ce public. Il vise aussi les porteurs de grands projets et les installateurs à travers sa plateforme MyDualSun, qui propose des services additionnels (études préliminaires, financement, etc.).

EDILIANS MISE SUR SES TUILES SOLAIRES

Spécialiste de la toiture en terre cuite, le fabricant français Edilians s’est lancé dans le photovoltaïque avec des tuiles solaires. Il met en avant leur discrétion et leur meilleure intégration esthétique comparé aux panneaux standards, ainsi que leur poids moindre, ce qui fragilise moins le toit. Edilians a poussé le concept jusqu’à intégrer un support en tuiles en terre cuite à ses capteurs photovoltaïques, pour les rendre encore plus discrets. Une gamme de tuiles solaires de coloris rouge permet également de “respecter au mieux la tradition et l’architecture régionale”, souligne le magazine spécialisé *Négoce*.

JOKOSUN SE CONCENTRE SUR LE MARCHÉ AFRICAÏN

Sénégalais d’origine, Raymond Sarr a fait ses études en France puis a créé en 2017, à Toulouse, Jokosun. Cette start-up fournit des kits solaires aux foyers ruraux d’Afrique subsaharienne, qui n’ont pas toujours accès à l’électricité courante. Selon l’entreprise, 2,5 millions de foyers pourraient être intéressés par un tel dispositif uniquement au Sénégal. Jokosun se charge de l’installation des panneaux et de leur maintenance. En quête d’investisseurs en 2023, la société se concentre également sur le développement d’une plateforme d’e-commerce et de financement, afin de faciliter l’accès à ses services.

LE POTENTIEL DE LA FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE ATTIRE DE NOUVEAUX ENTRANTS

L'essor de l'autoconsommation multiplie les clients potentiels

Particuliers, entreprises, collectivités : le public intéressé par l'autoconsommation énergétique s'élargit. Ce phénomène profite aux nouveaux

entrants du marché, qui peuvent ainsi s'adresser à davantage de prospects et accroître leurs chances de succès. Plusieurs jeunes sociétés ne se restreignent donc pas à une clientèle, mais visent une utilisation plus globale de leurs produits et services.

Des start-up du photovoltaïque visant plusieurs publics

2009 OKwind

Trackers solaires permettant aux panneaux de suivre le soleil toute la journée

- 41,8 millions d'euros de chiffre d'affaires en 2022
- Introduction en Bourse en 2022

Publics cibles

Agriculteurs, entreprises, collectivités, particuliers

2019 G+Lyte

Cellules photovoltaïques à colorant plus durables, et cellules convertissant la lumière intérieure en électricité

- 460 000 euros levés en 2020
- À la recherche de nouveaux investisseurs en 2023

Publics cibles

Industriels du solaire, entreprises, collectivités, particuliers

2019 Likewatt

Logiciel de dimensionnement photovoltaïque pour optimiser l'autoconsommation

- Incubée par Pulsalys et 1Kubator à ses débuts
- Une centaine de clients en 2023

Publics cibles

Acteurs de la filière photovoltaïque, entreprises, collectivités

Traitement IndexPresse.

L'ÉCLAIRAGE PUBLIC SOLAIRE, UNE APPROCHE PERTINENTE POUR TOUCHER LES COLLECTIVITÉS

"L'éclairage public solaire promis à un brillant avenir", titre *La Gazette des communes* en mai 2023. De plus en plus de collectivités se penchent sur cette option pour réaliser des économies et réduire leur consommation énergétique. S'il demeure difficile d'implanter des lampadaires dotés d'un panneau solaire dans des zones très denses, ces équipements paraissent en revanche appropriés pour illuminer des parkings, des pistes cyclables, des arrêts de bus ou des voies avec détection de présence.

Pour les entreprises du photovoltaïque, ce segment de l'éclairage constitue une porte d'entrée opportune vers la cible des collectivités. Au cours de la décennie 2010, plusieurs sociétés françaises spécialisées dans cette activité ont d'ailleurs fait leur apparition comme Fonroche Lighting (2011), Sunna Design (2011) ou Lumi'in (2014).

Une nouvelle génération d'énergéticiens centrés sur le solaire et les renouvelables

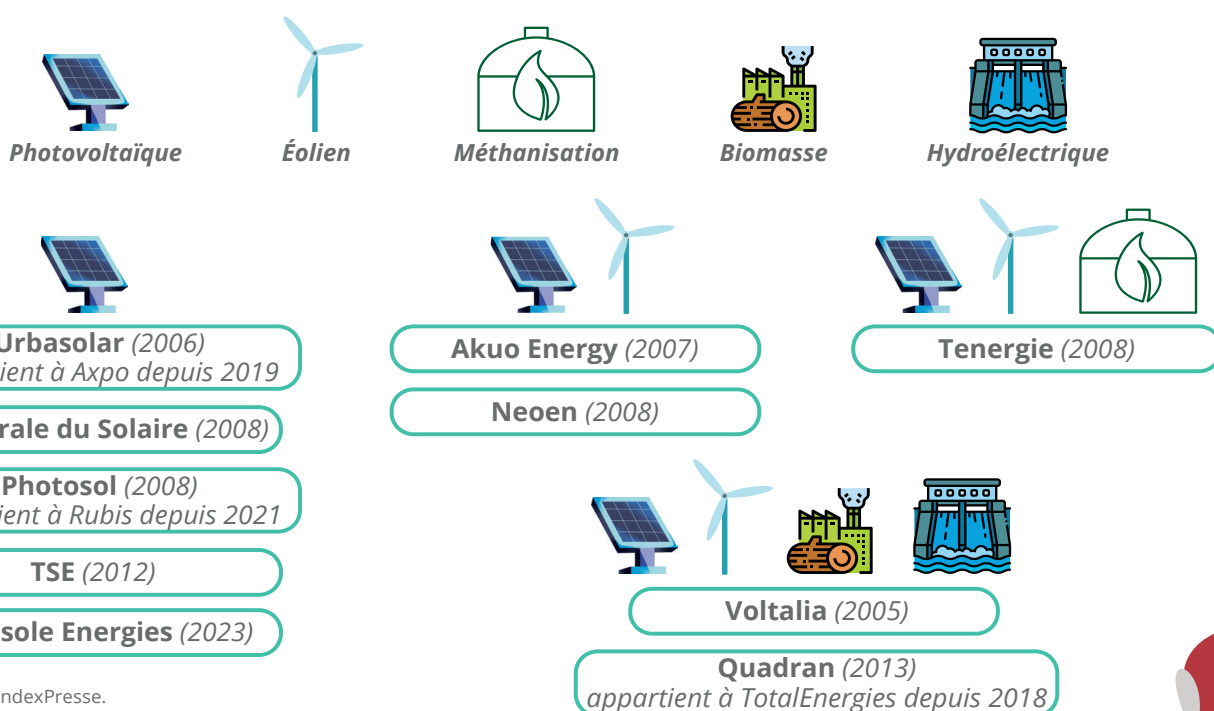
Une nouvelle vague d'énergéticiens spécialisés

L'essor des énergies renouvelables (EnR) a ouvert de nouvelles possibilités pour investir le domaine de l'énergie. Depuis la fin des années 2000, **plusieurs énergéticiens centrés sur les EnR sont ainsi apparus en France**. Le solaire, s'il ne constitue pas toujours la seule source d'énergie exploitée, représente **un pilier pour la majorité de ces entreprises**. Elles bâtissent puis exploitent des centrales et parcs photovoltaïques sur des terrains mis à disposition par leurs clients. Les évolutions réglementaires, qui poussent à une solarisation accrue des espaces, jouent en leur faveur et leur permettent d'accéder à de nouveaux projets, tout comme **la demande en hausse vis-à-vis de l'approvisionnement en énergie renouvelable**.

D'indispensables levées de fonds

Pour mener à bien leur expansion, les énergéticiens doivent réaliser **des investissements massifs qui nécessitent des fonds importants**. En 2021, Neoen a ainsi mené une augmentation de capital de 600 millions d'euros, avant de relancer une seconde tranche de financement de 750 millions d'euros en 2023. Ces apports doivent lui permettre d'atteindre 10 GW de capacité de production fin 2025, qui "représenteront 10 milliards d'euros d'actifs, détenus à plus de 90 % par Neoen", indique Xavier Barbaro, PDG de la société. De son côté, TSE a levé 130 millions d'euros en avril 2023, pour accélérer sur la R&D et l'agrivoltaïsme. À la même période, Girasole Energies, tout juste créé en tant que spin-off de l'opérateur de la transition énergétique Enerlis, a collecté 96 millions d'euros auprès de son actionnaire minoritaire, le fonds Mirova, propriétaire à 40 % de la société.

Des énergéticiens positionnés sur le photovoltaïque et d'autres énergies renouvelables



Traitement IndexPresse.

S'implanter dans les territoires français et à l'international

La Banque des territoires soutient plusieurs de ces énergéticiens afin de **les épauler dans le développement de projets solaires**. L'organisme a par exemple créé une plateforme, Terres d'Energie Développement, en collaboration avec Teneo. **Elle s'adressera notamment aux collectivités territoriales**, pour apporter une réponse à leurs appels à manifestation d'intérêt concernant "la solarisation des bâtiments, des délaissés routiers et des parcs de stationnement extérieurs". Un projet similaire a été officialisé

en juin 2023 entre la Banque des territoires et Générale du Solaire, afin de financer 1 GW de projets solaires d'ici 2028.

Les implantations à l'international s'avèrent également courantes pour ce type d'acteurs, qui peuvent ainsi **exploiter des territoires plus ensoleillés et un potentiel foncier élargi**, tout en agrandissant leur clientèle. Voltalia, qui prévoit de consacrer plus de 1,5 milliard d'euros dans le solaire, compte les investir à 50 % en Europe, à 35 % en Amérique du Sud et à 15 % en Afrique. Neoen est présente dans plusieurs pays d'Europe, d'Amérique et en Australie.

Le solaire flottant ouvre de nouvelles possibilités d'implantation

Le solaire flottant consiste à bâtir des centrales photovoltaïques sur l'eau, que ce soit sur des lacs, des bassins industriels, des réservoirs ou en mer. Il devient ainsi possible d'exploiter de nouvelles surfaces, sans empiéter sur la terre. Pour le site spécialisé *Révolution énergétique*, cette technologie présente également d'autres atouts : "le centre d'une étendue d'eau n'est jamais à l'ombre et dispose donc d'un ensoleillement maximal. Mais, surtout, la fraîcheur de l'eau permet d'éviter la surchauffe des panneaux et leur rendement est dès lors nettement amélioré. Ces systèmes peuvent aussi offrir des avantages environnementaux comme la gestion de la croissance des algues."

D'après *La Tribune*, les capacités mondiales installées des parcs photovoltaïques flottants ont été multipliées par 1 000 entre 2015 et 2020 pour atteindre 2 GW. Ce chiffre pourrait quintupler dès 2025. Selon Ciel et Terre International, une start-up française focalisée sur le développement de projets solaires flottants, le marché mondial représentait 1,6 milliard d'euros en 2022, soit cinq fois plus qu'en 2016.

Les perspectives s'avèrent donc prometteuses et les énergéticiens commencent à se tourner vers le solaire flottant. Akuo Energy, en collaboration avec Bouygues Energies & Services, a inauguré la première centrale de ce type en 2019, sur le lac d'une ancienne carrière abandonnée, dans le Vaucluse. Depuis, plusieurs autres projets ont débuté, promettant des surfaces d'exploitation toujours plus grandes : 20MWc pour EDF Renouvelables dans les Hautes-Alpes, 20MW pour Générale du Solaire dans le Bas-Rhin, 65,5 MW pour Q ENERGY France en Haute-Marne... En mars 2023, la start-up française SolarinBlue s'est démarquée avec le premier démonstrateur en mer, déployé dans le port de Sète. Des énergéticiens étrangers se positionnent également sur ce segment en France, à l'image de Boralex (Canada) dans les Bouches-du-Rhône ou d'Iberdrola (Espagne) en Alsace.

De nombreuses opportunités existent aussi à l'étranger pour les énergéticiens français, qui peuvent tenter de concurrencer les acteurs locaux. L'Asie (Chine, Japon, Thaïlande) paraît notamment plus avancée sur cette thématique, alors que les États-Unis, qui se lancent dans le solaire flottant, pourraient avoir besoin de compétences. Enfin, selon une étude menée par un groupe international de chercheurs et parue en 2023 dans la revue *Nature sustainability*, des pays comme l'Inde, le Brésil, le Canada, le Mexique, la Russie, la Turquie, l'Afrique du Sud ou l'Australie affichent un fort potentiel de production sur le photovoltaïque flottant.

Les géants de l'énergie attentifs

L'apparition d'une concurrence nouvelle, spécialisée sur un segment d'avenir, a **attiré l'attention des énergéticiens historiques**. Ces derniers, qui cherchent à accélérer dans les énergies renouvelables, n'hésitent pas à **racheter ces entreprises pour étoffer plus rapidement leurs compétences**. Axpo, producteur et distributeur suisse d'énergie, a ainsi acquis Urbasolar en 2019, tandis que Rubis, groupe français de stockage et de distribution d'énergie, a mis la main sur 80 % de Photosol pour 385 millions d'euros en 2021. Quatre ans plus tôt, Quadran passait dans le giron de Direct Énergie, entité rachetée par Total l'année suivante, pour donner naissance à Total Quadran devenu TotalEnergies Renouvelables.

LE PHOTOVOLTAÏQUE, NOUVELLE VOIE POUR UNITE

Historiquement focalisé sur l'hydroélectricité, le groupe français UNITE, fondé en 1985, mène sa diversification dans le photovoltaïque en raison des difficultés rencontrées sur son activité principale. "Les projets de barrages sont soumis à des contraintes environnementales, d'autant que les niveaux d'eau deviennent problématiques dans les rivières", explique Simon Duhamel, directeur administratif et financier de la société. UNITE prévoit de réaliser des projets générant 80 MW d'électricité, en misant notamment sur l'agrivoltaïsme. En 2023, le groupe a levé 5 millions d'euros via la plateforme de financement participatif Enerfip afin d'associer les habitants des territoires à ses futures installations.

Tenergie, un leader français du photovoltaïque

Avec 3,6 % de parts de marché, Tenergie s'impose en 2023 comme le deuxième fournisseur français d'énergie renouvelable derrière Engie, selon le cabinet d'études Finergreen. L'énergéticien affiche une forte croissance puisque son chiffre d'affaires a doublé entre 2018 et 2022 pour atteindre 220 millions d'euros.

Le solaire représente 75 % de ce total. L'entreprise s'est longtemps consacrée à la solarisation agricole, en proposant notamment des serres photovoltaïques. Elle tente désormais de se diversifier auprès d'une autre clientèle. Tenergie a ainsi signé un accord avec SNCF Gares & Connexions pour équiper les parkings de 119 gares en panneaux photovoltaïques. Cette collaboration constitue un investissement de 45 millions d'euros pour l'entreprise, qui fournira à terme 15 % de l'électricité consommée chaque année par les gares français.

L'autoconsommation réveille également l'intérêt des collectivités, nouveau public cible de Tenergie, qui a signé ses premiers contrats avec elles. "Nous prévoyons de doubler le nombre de nos centrales d'ici à 2026 pour mailler tout ce qui peut l'être localement : toitures industrielles, ombrières de parking, bâtiments publics, supermarchés, serres agricoles..." détaille Nicolas Jeuffrain, cofondateur et président de la société. Afin de financer ses projets, Tenergie exploite son propre véhicule d'investissement, Terres d'Énergie, qui compte à son capital la Banque des territoires, le Crédit Mutuel et le Crédit Agricole Pyrénées-Gascogne.

Afin d'anticiper l'avenir, l'énergéticien a aussi initié la création de la première école française dédiée aux métiers du solaire. Ouverte à Marseille fin 2022, et soutenue par TotalEnergies et Engie, cet établissement vise à "apporter une réponse au besoin de main-d'œuvre grandissant des entreprises du secteur solaire, qui est en pleine croissance et offre de très belles opportunités professionnelles", indique l'entreprise.

En parallèle, Tenergie accélère dans l'éolien et la méthanisation, les deux autres segments des énergies renouvelables où elle est présente. Elle a racheté le bureau d'études Soleol en 2023, pour développer ses projets dans l'éolien, et a créé sa filiale de méthanisation, Tenea Energies, en 2021, en collaboration avec le spécialiste Homea.

Le photovoltaïque, porteur d'opportunités pour d'autres secteurs d'activité

• BTP

Exploitation du foncier non utilisé, volonté de diversification vers un secteur porteur, adaptation à la réglementation : pour les acteurs du BTP, les raisons incitant à se tourner vers le photovoltaïque s'avèrent nombreuses. "Chez l'ensemble des acteurs interrogés, il ne s'agit plus de proposer un service, mais bien de **devenir un développeur d'énergies renouvelables**", souligne *Le Moniteur du bâtiment*, preuve que ce virage s'inscrit sur le temps long. Généralement, les constructeurs financent, posent et exploitent les installations solaires, sur des bâtiments ou dans des parcs dédiés, puis cèdent l'exploitation des panneaux, en échange d'un loyer. D'autres prestations, comme la maintenance, peuvent être incluses dans l'offre.

Le principal défi réside dans la nécessité de **posséder des compétences adéquates en interne**, que ce soit en formant ses salariés ou en acquérant des sociétés spécialisées. Le groupe Lhotellier a combiné ces deux voies : il a d'abord créé sa propre filiale, Soledra, en 2019, avant de racheter en 2021 Terre Solaire, installateur dédié, pour garantir la qualité de son travail dans ce domaine. "**Le photovoltaïque est devenu un lot de la construction comme les autres**, et nous pouvons l'intégrer dans nos bâtiments", conclut Quentin Verbeke, directeur métier énergie chez Lhotellier.

• Menuiserie / toiture

La mise en place de panneaux solaires constitue une activité à développer pour les fournisseurs de fenêtres, toitures et autres produits de menuiserie. Le groupe Ridoret a franchi le cap en 2021 en lançant Ridoret Énergie, une marque centrée sur l'installation de panneaux photovoltaïques et les solutions de gestion et de stockage de l'énergie produite. "Pour cette nouvelle activité, nous avons fait le choix de **ne pas avoir recours à la sous-traitance, ce qui nous permet de garantir**

Des filiales dédiées et des rachats dans le photovoltaïque pour le BTP français

Legendre Energie
(filiale, 2016)

Legendre

SERFIM ENR (filiale, 2018)

SERFIM

Soledra (filiale, 2019)
Terre Solaire (rachat, 2021)

Lhotellier

Solarvia (filiale, 2021)
SunMind (filiale, 2021)
ELIOVE (filiale, 2022)

Vinci

Sun'R (rachat, 2022)

Eiffage

Traitement IndexPresse.

la qualité de l'installation", expliquait Matthieu Ridoret, directeur général délégué, dans *Verre & Protections Mag*.

En Haute-Vienne, la société CMBM, spécialisée dans la charpente, la couverture et la maçonnerie, s'est imposée comme **un installateur régional majeur** grâce à sa filiale BatiBarsun, née en 2015. "La demande est en hausse et nous avons du mal à y répondre. De plus en plus de particuliers veulent produire et consommer leur énergie et nous sommes le seul fabricant poseur sur ce marché en Haute-Vienne. BatiBarsun est

LE POTENTIEL DE LA FILIÈRE PHOTOVOLTAÏQUE ATTIRE DE NOUVEAUX ENTRANTS

la synthèse de nos savoir-faire en matière de charpente et couverture avec photovoltaïque”, expliquait Stéphane Thouin, dirigeant de la société, en mars 2023.

• Matériaux

Pour les fournisseurs de matériaux, le photovoltaïque représente un secteur client potentiellement intéressant. Mersen, spécialiste français des matériaux avancés, a accéléré dans cette voie durant la seconde moitié de la décennie 2000. Alors qu’il se désengageait progressivement de l’automobile, **le groupe s’est renforcé dans le solaire**. Il a notamment racheté l’écossais Calcarb, l’un des leaders mondiaux de feutres rigides en graphite, puis le chinois Yantai Zhifu Graphite, centré sur l’usinage de graphite. Quinze ans plus tard, Mersen est devenu un **“fournisseur majeur sur toute la chaîne de valeur du solaire photovoltaïque”**, indique le site d’électronique ViPress. En 2022, cette activité a généré plus de 100 millions d’euros de chiffre d’affaires, un objectif que l’entreprise ne pensait atteindre qu’en 2025.

• Grande distribution et foncières

Les évolutions réglementaires, qui poussent les grandes surfaces à s’équiper de panneaux photovoltaïques sur leurs toits et parkings, pourraient les inciter à s’engager davantage dans la filière photovoltaïque. Si la majorité des distributeurs optent pour **des partenariats avec des installateurs et des énergéticiens**, Casino a longtemps possédé sa propre filiale, GreenYellow, avant de la céder en 2022 au fonds Ardian pour diminuer son endettement. Sous l’égide de son ancien propriétaire, GreenYellow aura cumulé l’exploitation de 500 centrales photovoltaïques et atteint 350 millions d’euros de chiffre d’affaires. Également convoitée par TotalEnergies et Engie lors de sa cession, cette pépite pourrait **inspirer d’autres distributeurs ou foncières commerciales à se doter d’une filiale similaire**.

QUAND ARCELORMITTAL SE RENFORÇAÎT DANS LE PHOTOVOLTAÏQUE

Présent sur le marché du photovoltaïque en tant que fournisseur de structures métalliques porteuses, le sidérurgiste international a fait un pas de plus dans le secteur en 2018 en rachetant Exosun, groupe français spécialiste des trackers solaires. Ce dernier avait été placé en redressement judiciaire. ArcelorMittal l’a acquis en estimant que cette technologie de tracking était destinée à prendre de l’ampleur. Exosun poursuit depuis ses activités au sein de la division Projets de son nouveau propriétaire, dédiée à l’énergie, à la construction et aux infrastructures.

• Assurance

“Les demandes de courtiers ou de fabricants en quête de solutions d’assurance pour le photovoltaïque sont désormais quotidiennes chez nous”, explique Frédéric Fleury, directeur du marché professionnel chez April Partenaires, au printemps 2023. Le groupe a lancé son offre dédiée aux installateurs photovoltaïques en 2021. Il s’affirme toutefois comme une exception : les offres spécifiques demeurent rares et **nombre d’assureurs se montrent frileux à l’idée de s’engager sur ce secteur**, souligne *L’Argus de l’Assurance*. Le courtier Alexis Assurances, spécialisé dans les énergies renouvelables, estime avoir instruit plus de la moitié des dossiers relatifs au photovoltaïque en 2022. Selon lui, le photovoltaïque “reste une niche”, en raison d’une assiette de cotisations à un niveau très bas. Sur le plus long terme, **le contexte réglementaire favorable au solaire et la sinistralité en recul dans l’assurance construction** pourraient cependant déboucher sur “une entrée massive des acteurs de l’assurance sur ce segment”.

L'INNOVATION FAÇONNE LE PHOTOVOLTAÏQUE DE DEMAIN

Les panneaux et films souples facilitent le déploiement du photovoltaïque

Plus légers, les panneaux et films solaires souples constituent une alternative intéressante pour **équiper des surfaces ne pouvant accueillir des installations traditionnelles**. Depuis plusieurs années, des recherches sont menées afin de trouver les matériaux adéquats pour fabriquer ces panneaux souples, les galettes de silicium traditionnelles ne pouvant être pliées. Il s'agit également de **maximiser les rendements de ces nouveaux matériaux**. Au cours de la dernière décennie, les cellules à base de pérovskites, qui permettent de concevoir des dispositifs souples, sont passées "de 3 % de rendement à 25 %, soit les performances des cellules en silicium monocristallin dernier cri, qui sont, elles, développées depuis plus de cinquante ans", indique Frédéric Sauvage, directeur de recherche au CNRS.

En 2023, la revue *Nature* a publié un article sur des cellules photovoltaïques souples conçues à partir de silicium sous forme cristalline, à la suite de recherches menées par l'Académie des sciences de Chine. "Ces panneaux conservent leurs propriétés même après 1 000 cycles de flexion. Un procédé qui devrait intéresser les industriels et les particuliers", estime *Courrier International*. Le MIT travaille également sur des cellules souples ultrafines, qui offrent un ratio puissance/poids 18 fois supérieur aux panneaux standards.

La technologie **sort peu à peu des laboratoires de recherche et débute son industrialisation**. La société allemande Heliatek apparaît comme l'une des pionnières, avec une ligne de production dédiée inaugurée dès 2012. Saule Technologies, une start-up polonaise, a elle ouvert sa première

Solar Cloth, une start-up française de films photovoltaïques

2014 Création

1
million
d'euros
levé
en 2020

Modules photovoltaïques souples CIGS
(cuivre, indium, gallium, sélénium)
intégrés à une base textile

Des intégrations diverses



Voiles de bateaux



Camions et automobiles



Serres et hangars agricoles



Abris toilés et camping

partenariat avec
Renault-Volvo Trucks

partenariat
avec Richel

partenariats avec
Vitabris et Huttopia



Approvision-
nement
auprès du
fabricant
américain
MiaSolé



Participe au
consortium
visant à faire
émerger une
filiale CIGS
française

Traitement IndexPresse.

usine pour ses cellules en pérovskite en 2021. L'année suivante, elle finalisait son introduction en Bourse. Début 2023, c'était au tour de la jeune pousse israélienne Apollo Power d'investir 25 millions d'euros dans son site de fabrication de films solaires souples. La société compte parmi ses clients plusieurs constructeurs automobiles (Volkswagen, Hyundai, Renault) ou Amazon, qui veut déployer ces films sur les toits de certains de ses entrepôts. La même année, la start-up américaine Ascent Solar a collecté 47 millions d'euros pour lancer la **production industrielle de ses cellules souples en pérovskite**. Elle a également conclu le rachat des équipements de fabrication de son concurrent autrichien Flisom.

En France, Asca, filiale d'Armor Group, spécialisé dans la formulation d'encres et l'enduction de couches fines sur films minces, est l'un des acteurs majeurs du photovoltaïque souple. En juin 2023, l'entreprise a d'ailleurs annoncé qu'elle allait **se concentrer exclusivement sur sa production de bobines de films photovoltaïques organiques (OPV)**, délaissant son activité de développement de solutions solaires et de projets architecturaux. Ses films s'adresseront désormais exclusivement à d'autres concepteurs. "Nous avons fait le choix de nous concentrer uniquement sur la production industrielle de films semi-finis OPV, un modèle de développement très proche de nos autres activités, notamment l'activité transfert thermique dont nous sommes leaders mondiaux", expliquait Hubert de Boisredon, PDG d'Armor Group.

Les véhicules électriques embarquent le solaire

Une technologie devenue pertinente

"Le photovoltaïque ne peut pas assurer l'autonomie complète du véhicule, mais c'est un complément d'énergie intéressant", juge Yohan Souteyrand, directeur des partenariats industriels et chargé des technologies de la transition énergétique au CEA, interrogé par *L'Usine Nouvelle*. L'organisme fait partie de ces acteurs menant des recherches sur **le photovoltaïque intégré aux véhicules électriques** : des panneaux solaires sont directement incorporés à une automobile, un bateau ou un drone. L'énergie générée sert à alimenter entièrement ou en partie la machine. "Sur le toit d'une Renault Zoe, avec environ 1,5 mètre carré de panneaux solaires et les composants actuels, nous pourrions offrir **plus de 2 000 kilomètres supplémentaires d'autonomie sur une année**", évalue par exemple Alexandre Corjon, directeur de l'innovation chez Plastic Omnium. L'équipementier français travaille lui aussi sur l'intégration de cellules solaires aux automobiles. Il collabore d'ailleurs avec le CEA sur

cette thématique. Le centre de recherche, qui se repose sur son Institut national de l'énergie solaire, veut **"développer une solution industrialisable à grands volumes"**. Son module conçu en matériaux thermoplastiques s'avère plus léger que le verre, et ses recherches sur les cellules tandem pourraient améliorer le rendement du dispositif.

Le constructeur franco-italo-américain Stellantis se penche également sur la question afin de **développer des voitures plus frugales et d'apporter un complément d'énergie aux batteries**. "La marque Citroën a fait de la faible empreinte carbone le cœur de sa stratégie. Elle sera peut-être pionnière. Tout cela reste à définir. Les véhicules utilitaires ayant de grandes surfaces de toit, ils pourraient aussi bénéficier de cette solution", expose Nicolas Champetier, directeur de la recherche avancée et de l'innovation du groupe. La concurrence internationale apparaît plus avancée : Toyota et Hyundai ont déjà lancé une option de toit solaire sur certains de leurs modèles. "Cela confirme que **la technologie a du sens, ce qui ne paraissait pas évident il y a quelques années**", indique Yohan Souteyrand.

Des acteurs français explorent le photovoltaïque intégré aux véhicules électriques



Automobiles

- Midipile Mobility (start-up / voiture solaire à pédales)
- Plastic Omnium (équipementier)
- Stellantis (constructeur)



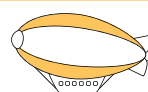
Bateaux

- Héole (start-up / voile solaire)
- Ibaïa Boats (start-up / bateau solaire)
- Millikan Boats (start-up / bateau solaire)
- SeaZen (start-up / bateau solaire)



Drones

- Airbus Defence and Space (constructeur)
- XSun (start-up / drone solaire)



Dirigeables

- Dirisolar (start-up / dirigeable solaire)
- Euro Airship (start-up / dirigeable solaire)



Vélos

- SolarMoov (start-up / remorque solaire)
- Vhélio (association / vélo solaire)
- Wello (start-up / vélo cargo solaire)

Traitement IndexPresse.

Les start-up à petits pas

Du côté des start-up, la priorité n'est pas donnée à l'automobile. Plusieurs jeunes pousses étrangères ont **tenté de faire émerger une voiture 100 % solaire, sans succès pour le moment**. La société américaine Lightyear a dû renoncer à produire son premier modèle, trop onéreux, tandis que Sono Motors, en Allemagne, a dû faire machine arrière faute de financements suffisants.

En France, ces sociétés innovantes **se concentrent plutôt sur d'autres types de véhicules**. Les bateaux solaires attirent ainsi plusieurs noms, tout comme les vélos et les dirigeables. Nombre de ces projets restent cependant au stade du prototype et devront confirmer leur potentiel à l'avenir, tant technologiquement qu'économiquement. La start-up tricolore la plus avancée semble être XSun, qui construit des drones solaires. Soutenue par la Région Pays de la Loire qui est entrée à son

capital, subventionnée par l'European Innovation Council, **XSun s'adresse aussi bien au secteur civil que militaire**. Ses premières ventes ont été réalisées en 2022 dans ce dernier domaine. "En volant à une altitude de 1 000m, le SolarXOne est en mesure de cartographier ou de surveiller une zone de 400km² en une seule journée. Ainsi, les capacités de cet aéronef doté de deux moteurs électriques sont **multipliées par cent par rapport à un drone normal**", affirme Benjamin David, le fondateur et président de l'entreprise, dans *Air et Cosmos*. En 2023, celle-ci envisage de bâtir sa propre chaîne d'assemblage et réunit des fonds pour y parvenir. L'objectif est d'atteindre une production annuelle d'une centaine de drones. XSun anticipe un chiffre d'affaires de 64 millions d'euros en 2025, couplé à un effectif d'une centaine de personnes, soit quatre fois plus qu'en 2023.

DES CONSTRUCTIONS SPATIALES POUR CAPTER LE SOLAIRE À LA SOURCE

Pour capter la lumière du soleil en permanence, plusieurs projets se focalisent sur l'édification de fermes photovoltaïques dans l'espace, en orbite géostationnaire. L'énergie captée est ensuite convertie en micro-ondes par une antenne, puis réceptionnée sur Terre par une autre antenne qui effectue le processus inverse. Encore très hypothétique, un tel dispositif nécessite des innovations majeures : il faut parvenir à réduire les importantes pertes lors de l'étape de conversion, mais également réussir à assembler dans l'espace ces fermes solaires, trop volumineuses pour être envoyées déjà construites.

"Une course mondiale s'est engagée sur ce sujet", note cependant *L'Usine Nouvelle*, qui évoque des recherches menées aux États-Unis, en Chine au Japon ou au Royaume-Uni. En Europe, le projet Solaris réunit entre autres l'Agence spatiale européenne, Siemens Energy et Airbus. Ce dernier affiche des ambitions élevées concernant ce concept : un démonstrateur aérien est prévu pour 2025, puis son équivalent spatial pour 2027, avant de lancer la première ferme solaire d'ici 2033. Selon l'industriel, ces installations pourraient permettre de déployer un réseau énergétique capable de recharger des avions en plein vol. Sa filiale Airbus Defence and Space développe déjà des robots autonomes capables d'assembler des panneaux solaires dans l'espace, alors qu'Airbus Blue Sky, autre entité dédiée aux concepts de rupture, travaille également sur ce programme.

La problématique clé du stockage

Stocker pour mieux réguler la demande

Le caractère intermittent de l'énergie solaire peut engendrer des difficultés d'exploitation, surtout en autoconsommation : production inexistante la nuit ou en cas de mauvais temps, surplus d'énergie produite par rapport aux besoins réels, etc. "Un kilowattheure en autoconsommation vaut en moyenne 19 centimes d'euros, taxes et abonnement inclus. Ce qui n'est pas consommé est revendu seulement 13 centimes à EDF", indique Thierry Fallard, président d'Hestiom, ancien chauffagiste reconverti dans la transition et l'efficacité énergétique. Dans un tel cas de figure, les producteurs d'électricité s'avèrent perdants.

Combiner énergie photovoltaïque et dispositifs de stockage énergétique apparaît donc comme **une solution amenée à prendre de l'ampleur**, autant pour les grands champs solaires que chez les particuliers dotés de quelques panneaux. Il s'agit principalement de conserver l'électricité

produite en excès pour la consommer plus tard, ou bien de la revendre sur le réseau lorsque les tarifs s'avèrent le plus attractif.

Depuis 2020, les premières centrales photovoltaïques intégrant aussi des batteries lithium-ion ont été inaugurées en France métropolitaine sous l'impulsion de la start-up Ze Energy, fondée en 2019. "L'originalité ne réside ni dans le solaire ni dans le stockage, mais dans **la combinaison des deux ainsi que dans le pilotage**", explique Mathieu Lassagne, PDG de l'entreprise. Une plateforme informatique, notamment alimentée par des données météo, permet de gérer la stratégie de stockage et de revendre l'électricité en surplus lorsque les tarifs sont au plus haut. "Ze Energy répond à **un besoin de flexibilité et de fiabilité de l'approvisionnement via des contrats innovants de commercialisation**", affirme Guillaume Rivron, du fonds Marguerite, principal actionnaire de la start-up. En 2021, Ze Energy a levé 40 millions d'euros afin d'ouvrir de nouvelles centrales et d'accélérer son déploiement à l'international. La jeune pousse

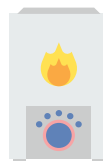
Différents moyens de stocker l'énergie solaire



Batteries



Pompes à chaleur



Ballons et canalisations d'eau chaude



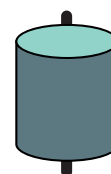
Hydrogène (stockage chimique)



Stations de transfert d'énergie par pompage (STEP)



Stockage à air comprimé (CAES)



Volants d'inertie (VOSS, stockage cinétique)

Traitement IndexPresse.



visé un chiffre d'affaires de 60 millions d'euros d'ici 2025.

En juin 2022, c'était au tour de la start-up AbSolar d'innover en France avec sa **centrale solaire associée à du stockage souterrain prenant la forme de canalisations d'eau en circuit fermé**. Basée en Gironde, l'installation a nécessité deux millions d'euros d'investissement, dont la moitié apportée par l'Ademe. "Le surplus d'énergie solaire, on vient le stocker dans le sol. L'hiver, quand il n'y a plus de soleil, c'est le sous-sol qui prend le relais, qui va restituer le surplus de chaleur qu'on a injecté durant l'été. C'est ça principalement, la rupture technologique qu'on porte", décrit Hervé Lautrette, dirigeant de l'entreprise. AbSolar **s'adresse aussi bien aux promoteurs immobiliers qu'aux industriels**, son système de stockage pouvant également être utilisé pour valoriser la chaleur fatale émise par l'industrie ou les datacenters.

Les géants de l'énergie se concentrent aussi sur cette thématique du stockage, à l'image de TotalEnergies via sa filiale Saft, spécialisée dans les batteries. Cette dernière a déjà mis en service plusieurs **parcs de batteries destinés à recueillir l'énergie générée par les sources renouvelables** (photovoltaïque et éolien principalement). De

son côté, Engie a déployé une offre spécifique, Flexisun, alliant photovoltaïque et stockage, au travers de batteries ou de bornes de recharge électrique. Le groupe teste aussi, tout comme EDF, les volants de stockage d'énergie solaire mis au point par Energiestro, qui exploite **le concept de stockage cinétique** depuis 2001. Cette dernière société a levé 10 millions d'euros en 2022 pour poursuivre son développement.

De nouvelles solutions pour tous les publics

Les grands parcs de batteries ne représentent pas une solution adaptée aux besoins de stockage plus modérés, chez les particuliers ou des entreprises plus petites. Des alternatives, **valables à une échelle moindre**, tendent donc à émerger afin de rendre le stockage de l'énergie solaire accessible à tous.

• Sous forme de batteries

Depuis avril 2023, le groupe Hestiom a fait le choix d'**intégrer une batterie à ses kits photovoltaïques**, en la reliant à un onduleur central, via son offre Aterno ENR. Selon Thierry

Fallard, président de l'entreprise interrogé par *Les Échos*, ce système permet d'augmenter de 10 % la couverture des besoins électriques d'un ménage. "Ce système permet aux clients d'utiliser au mieux l'énergie qu'ils produisent. Il y a derrière **un enjeu d'autonomie énergétique**", poursuit-il. À terme, Hestiom étendra cette solution aux entreprises, via sa marque PowerPark.

MyLyght Systems a également fait le choix de la batterie, mais **sous forme virtuelle**. Son outil MySmartBattery se présente comme un moyen de comptabiliser l'énergie supplémentaire générée par les panneaux. L'utilisateur peut ensuite voir sur une application la quantité d'électricité stockée dans sa batterie virtuelle, pour la réutiliser la nuit ou en hiver sans devoir la racheter. "Il dispose d'une solution complète pour produire, optimiser et consommer une énergie 100 % verte", défend la société, qui associe MySmartBattery à ses modules photovoltaïques biverre et bifaciaux augmentant le rendement en autoconsommation sur des surfaces contraintes.

- **Sous forme de pompes à chaleur**

La start-up Airthium développe une pompe à chaleur couplant **stockage de l'énergie en chaleur et de manière chimique**. La première méthode est

efficace à court terme, afin de consommer le soir l'électricité générée en journée. La seconde se déploie sur le plus long terme : il s'agit de **produire de l'ammoniac grâce à la pompe à chaleur**, pour conserver l'énergie plusieurs mois. Il suffit ensuite de brûler l'ammoniac pour obtenir de la chaleur. "Par rapport à du carburant type hydrocarbures, l'avantage c'est que quand on brûle, on ne produit pas de CO₂, pas de gaz à effet de serre", affirme la jeune pousse, qui cherche cependant encore à réduire la quantité de particules fines émises.

Le groupe FHE, spécialiste de l'autoconsommation, propose de son côté une solution, Inelio, intégrée à ses pompes à chaleur. "Nous avons développé et inventé un système de stockage, sous forme de pile thermique, de l'énergie solaire", indique Jonathan Laloum, directeur commercial de FHE, dans *Environnement Magazine*. L'énergie en surplus est **conservée sous forme thermique, permettant ainsi d'alimenter le chauffage et la production d'eau chaude**. FHE souhaite ainsi que ses clients, soit près de 35 000 foyers fin 2022, atteignent les 100 % d'autoconsommation de l'énergie photovoltaïque générée. "C'est en **prenant le contrôle des consommations du foyer que le bilan énergétique s'améliore**", assure l'entreprise.

Les armoires de batteries d'Ubby Energy

Fondée en 2020, la start-up Ubby Energy a mis au point des armoires à batteries. La société a été créée par Hubert Marionneau, un ancien ingénieur du fabricant de panneaux solaires Systovi. Ce dernier fournit d'ailleurs ses produits à Ubby Energy, tandis que les armoires sont fabriquées par une entreprise de Guérande, basée dans la même région que la jeune pousse.

Comptant une trentaine d'installations chez des particuliers en 2023, la start-up a trouvé cette même année son premier client professionnel, une jardinerie Espace Émeraude. Le BtoB constitue une voie porteuse pour Ubby Energy, qui veut "lancer un modèle d'armoire pour l'univers tertiaire en septembre, en ciblant des magasins, des cellules commerciales, des petites entreprises", indique Hubert Marionneau. "Nous commencerons aussi à déployer fin 2023 une application mobile qui offrira à terme une garantie de services, comme la charge de réserve d'énergie en cas d'avis de tempête ou l'optimisation de la production", poursuit-il. D'autres projets font l'objet de recherches, notamment pour adapter le système à d'autres types d'énergies renouvelables.

Forte de 250 000 euros de chiffre d'affaires réalisés en 2022, Ubby Energy vise le million pour 2023, tout en cherchant à étoffer ses effectifs.

La recherche poursuit ses expérimentations

Cellules photovoltaïques plus puissantes, panneaux bifaciaux, déploiement sur l'eau ou dans l'espace... Pour améliorer la productivité de l'énergie solaire, **les innovations se multiplient et commencent à se déployer concrètement sur le**

terrain. Dans le même temps, les recherches se poursuivent pour **trouver de nouveaux axes de développement technologique**, susceptibles de rendre le photovoltaïque encore plus attractif et efficace.

Les recherches continuent sur le photovoltaïque



Combiner photovoltaïque et végétalisation

- L'évapotranspiration des plantes refroidit la surface des panneaux, ce qui réduit le risque de surchauffe.
- Le rendement des toitures biosolaires augmente ainsi de 6 à 8 %.
- **Contraintes** : densité de panneaux installés moins grande, maintenance plus importante (nettoyage des panneaux et entretien des végétaux).



Des panneaux photovoltaïques fonctionnant la nuit

- Exploiter le refroidissement naturel des panneaux la nuit pour produire de l'électricité grâce à un générateur thermoélectrique.
- Certaines applications à faibles besoins énergétiques pourraient en profiter : éclairage LED, recharge des appareils...
- **Contraintes** : rendement très faible, augmentation de la complexité d'installation et des risques de dégradation.



Des fenêtres solaires

- Transformer les fenêtres en génératrices d'électricité : installer un film photovoltaïque entre les deux plaques de verre du double vitrage, ou poser un revêtement photovoltaïque liquide sur le verre.
- Dans les deux cas, la fenêtre demeure transparente.
- Possibilités d'équipement décuplées.
- **Contraintes** : coût d'installation plus élevé que des panneaux, rendement plus faible.



Des hydropanneaux

- Utiliser des hydromatériaux pour concevoir des panneaux capables d'absorber la vapeur d'eau dans l'air et de la transformer en eau potable.
- Pertinent dans les zones chaudes, où il y a à la fois une forte exposition au soleil et un manque d'eau.
- **Contraintes** : conception complexe, efficacité moindre si l'air est sec.



Des panneaux photovoltaïques fonctionnant sous la pluie

- Utiliser la friction des gouttes d'eau sur le panneau pour générer de l'électricité grâce à l'effet triboélectrique.
- De nouveaux matériaux polymères pourraient convenir à de tels panneaux, notamment ceux impliquant du graphène.
- **Contraintes** : rendement très faible, conception complexe.

Traitement IndexPresse.

FORCES EN PRÉSENCE

Cette section est dédiée à la présentation et à l'analyse transversale des entreprises spécialisées opérant sur le marché étudié. Son objectif principal est de dresser une liste des acteurs innovants présents sur le marché, en mettant particulièrement l'accent sur les start-up.

Cette liste peut être subdivisée en plusieurs parties, en fonction des solutions développées ou des modèles d'affaires adoptés, conformément à la structure du paysage entrepreneurial étudié. Bien qu'elle ne prétende pas être exhaustive, elle

offre une représentation éclairante des acteurs émergents du secteur, en couvrant une vaste gamme de profils : diversité des positions sur le marché, différentes tailles d'entreprise et niveaux de maturité, montants de fonds levés...

Par ailleurs, cette section vise à mettre en évidence les tendances marquantes et les caractéristiques communes observées au sein de plusieurs sociétés du secteur. Elle offre ainsi un nouvel angle de vue en présentant des phénomènes abordés différemment dans le corps de l'étude.

Les “nouveaux” énergéticiens français positionnés sur le photovoltaïque

La décennie 2000 a vu émerger **une vague de nouveaux énergéticiens en France**, positionnés sur les sources renouvelables dont le photovoltaïque. Sur les 21 entreprises recensées par IndexPresse dans son panel, plus de la moitié sont apparues à cette période, dont **une forte proportion entre 2007 et 2009**. Depuis, les créations se font plus épisodiques, même si de nouveaux énergéticiens apparaissent régulièrement.

Cette ancienneté permet à ces sociétés d'afficher, plus de dix ans plus tard, **des résultats financiers conséquents**. 11 entreprises dépassent les 50 millions d'euros de chiffre d'affaires et, parmi elles, 8 s'affichent au-dessus de la barre des 100 millions. Neoen et Voltalia, avec respectivement 503 et 469 millions d'euros

de chiffre d'affaires, s'imposent comme les groupes les mieux dotés. Ces deux énergéticiens ne se limitent pas qu'au photovoltaïque mais sont également **présents sur d'autres sources d'énergies renouvelables**. Cette stratégie permet de multiplier les sources de revenus : sur les 11 sociétés dont le chiffre d'affaires est supérieur à 100 millions d'euros, seules 3 se restreignent au photovoltaïque.

En revanche, se focaliser sur ce segment permet **d'attirer davantage l'attention d'un potentiel acquéreur**. Parmi les 5 énergéticiens recensées qui ont fait l'objet d'un rachat, 3 sont spécialisés dans le solaire (Urbasolar, Photosol, Reden Solar). Leur expertise a pu jouer en leur faveur vis-à-vis de plus grands groupes en quête de compétences spécifiques pour étoffer leur offre.

50 %

La part des “nouveaux”
énergéticiens français
du panel IndexPresse
positionnés sur les
renouvelables qui ont été
créés entre 2007
et 2009.

Société	Date de création	Chiffre d'affaires	
JP Energie Environnement	2004	70 M€ (2022)	Énergéticiens positionnés uniquement sur le photovoltaïque
Voltalia*	2005	469 M€ (2022)	Énergéticiens positionnés sur le photovoltaïque et d'autres énergies renouvelables
Urbasolar*	2006	300 M€ (2022)	*Voltalia a été racheté par l'Association familiale Mulliez en 2011.
Akuo Energy	2007	233 M€ (2021)	*Urbasolar a été racheté par Axpo en 2019.
La Française de l'Energie	2007	26 M€ (2022)	
Générale du Solaire	2008	100 M€ (2022)	
Photosol*	2008	33 M€ (2021)	*Photosol a été racheté par Rubis en 2021.
Neoen	2008	503 M€ (2022)	
Tenergie	2008	220 M€ (2022)	
Reden Solar*	2008	200 M€ (2021)	*ancienne filiale de Fonroche, Reden Solar a été racheté par Infravia Capital Partners et Eurazeo en 2017, puis revendue à Macquarie, BCI et MEAG en 2022.
Corsica Sole	2009	26 M€ (2021)	
Arkolia Energies	2009	130 M€ (2022)	
CVE	2009	75 M€ (2022)	
TSE	2012	30 M€ (2022)	
Smart Energies	2012	n.c.	
Quadran*	2013	n.c.	*Quadran a été racheté par Direct Energie en 2017, groupe racheté par Total en 2018. Depuis 2021, Quadran se nomme TotalEnergies Renouvelables.
Entech	2016	21 M€ (2021-2022)	
Qair	2017	75 M€ (2021)	
Faradae	2019	n.c.	
Ze Energy	2019	9 M€ (2022)	
Girasole Energies	2023	-	

Traitement IndexPresse.

Les start-up françaises du photovoltaïque

Le rythme de création de start-up positionnées au sein de la filière photovoltaïque **s'accélère depuis le début des années 2010**. Sur les 40 sociétés recensées par IndexPresse, deux tiers ont vu le jour entre 2009 et 2019, et un tiers sont nées depuis 2020. **Les plus récentes ont cependant du mal à lever des fonds** : aucune entreprise du panel ayant débuté son activité après 2020 n'a encore réussi à collecter de fonds, malgré le soutien technologique et les promesses financières assurés par certains organismes publics et grands groupes. Au global, **18 des 40 start-up présentes ici ont déjà réussi au moins une augmentation de capital**.

La problématique de la souveraineté nationale en matière de fabrication de panneaux et de cellules photovoltaïques incite **de nouveaux acteurs à se positionner sur cette chaîne de valeur** : la moitié

des start-up répertoriées actives sur ce segment sont apparues à partir de 2020.

Du côté des produits, services et solutions à destination de la filière ou intégrant du photovoltaïque, **l'offre se diversifie** : agrivoltaïsme, véhicules, stockage... **Les entreprises constituent le premier public cible**, avec près de deux tiers des start-up s'adressant à elles. **Les particuliers représentent également une clientèle phare**, aussi bien pour les promoteurs de kits photovoltaïques que pour les jeunes entreprises développant des véhicules embarquant du photovoltaïque. Une dizaine de start-up visent aussi les collectivités, tandis que les autres acteurs de la filière ne sont convoités que par quelques sociétés, qui peuvent chercher à collaborer avec eux sur la production d'énergie, le stockage ou la fabrication de panneaux spécifiques.



Conception, fabrication et recyclage

Soy PV

2021

Conception et fabrication de cellules photovoltaïques CIGS

OKwind

2009

Conception et fabrication de trackers solaires

20,2 millions d'euros levés

DualSun

2012

Conception et fabrication de panneaux photovoltaïques

10 millions d'euros levés

Solar Cloth

2014

Conception et fabrication de modules photovoltaïques souples CIGS

1 million d'euros levé

Rosi Solar

2017

Recyclage des cellules photovoltaïques

10 millions d'euros levés

G+Lyte

2019

Conception et fabrication de cellules photovoltaïques durables

460 000 euros levés

CréaWatt' Fabrick (Phoenix)

2020

Conception et fabrication de panneaux photovoltaïques

Carbon

2022

Conception et fabrication de panneaux photovoltaïques

Heliup

2022

Conception et fabrication de panneaux photovoltaïques

Holosolis

2022

Conception et fabrication de panneaux photovoltaïques

Traitement IndexPresse.



Produits, services et solutions dédiés ou intégrant du photovoltaïque

Euro Airship

2009

Dirigeables solaires

SoleilPourTous (Evolis)

2009

Kits photovoltaïques

Sunna Design

2011

Éclairage public photovoltaïque

13,3 millions d'euros levés

Ciel et Terre International

2013

Solutions pour le solaire flottant
1,1 million d'euros levé

Dirisolar

2013

Dirigeables solaires

Lumi'in

2014

Éclairage public photovoltaïque
2,4 millions d'euros levés

MyLyght Systems (Cime Capital)

2014

Solutions dédiées à l'autoconsommation solaire
8,5 millions d'euros levés

Mon Kit Solaire (Green Ideas)

2014

Kits photovoltaïques pour particuliers
6 millions d'euros levés

SeaZen

2015

Bateaux solaires

Ombrea

2016

Structures solaires modulables pour l'agrivoltaïsme
10 millions d'euros levés

XSun

2016

Drones solaires
7,8 millions d'euros levés

Airthium

2016

Systèmes de stockage d'énergie photovoltaïque et éolienne
120 000 euros levés

Jokosun

2017

Kits photovoltaïques pour particuliers

SolarMoov

2017

Remorques solaires pour vélos

Oscaro Power

2018

Kits photovoltaïques pour particuliers
4 millions d'euros levés

Sun'Agri (Sun'R)

2019

Panneaux photovoltaïques pilotables pour l'agrivoltaïsme

Beem Energy

2019

Kits photovoltaïques pour particuliers
29 millions d'euros levés

Sunology

2019

Kits photovoltaïques pour particuliers
11 millions d'euros levés

Likewatt

2019

Logiciel de dimensionnement photovoltaïque pour l'autoconsommation
600 000 euros levés

SolarinBlue

2019

Solutions pour le solaire flottant

Wello

2019

Vélos cargos solaires
2 millions d'euros levés

Davele

2020

Bureau d'études spécialisé dans l'agrivoltaïsme appliqué à l'élevage

Midipile Mobility

2020

Voitures solaires à pédales

AbSolar

2020

Stockage souterrain d'énergie photovoltaïque

Ubby Energy

2020

Armoires à batteries pour stocker l'énergie photovoltaïque

Héole

2021

Voiles solaires

Vhélio

2021

Vélos solaires

SolarCoop

2021

Kits photovoltaïques pour particuliers

Ibaïa Boats

2022

Bateaux solaires

Millikan Boats

2022

Bateaux solaires

Traitement IndexPresse.

Les publics cibles des start-up françaises proposant des produits, services et solutions dédiés ou intégrant du photovoltaïque

Start-up	Autres acteurs de la filière photovoltaïque / énergétique	Entreprises	Collectivités	Particuliers
Euro Airship		×		
SoleilPourTous (Evolis)		×		×
Sunna Design			×	
Ciel et Terre International		×	×	
DiriSolar		×		
Lumi'in			×	
MyLyght Systems (Cime Capital)		×	×	×
Mon Kit Solaire (Green Ideas)				×
SeaZen		×	×	×
Ombrea		×		
XSun		×		
Airthium		×		
Jokosun				×
SolarMoov		×		×
Oscaro Power				×
Sun'Agri (Sun'R)	×	×		
Beem Energy				×
Sunology				×
Likewatt	×	×	×	
SolarinBlue	×			
Midipile Mobility		×	×	×
AbSolar	×	×	×	
Ubby Energy		×	×	×
Héole		×		
Vhélío		×	×	×
SolarCoop				×
Ibaña Boats		×		×
Millikan Boats		×		×

Traitement IndexPresse.

LISTE DES ENTREPRISES CITÉES DANS L'ÉTUDE

Société	Nature de l'entreprise	Pays d'origine
1Kubator	Incubateur	France
AbSolar	Start-up du photovoltaïque	France
Airbus	Constructeur aéronautique et spatial	Europe
Airthium	Start-up du photovoltaïque	France
Akuo Energy	Énergéticien	France
Alexis Assurances	Courtier d'assurances	France
Amazon	Spécialiste du commerce électronique	États-Unis
Apollo Power	Start-up du photovoltaïque	Israël
April Partenaires	Courtier d'assurances	France
ArcelorMittal	Sidérurgiste	France / Inde
Ardian	Société d'investissement	France
Arkolia Energies	Énergéticien	France
Asca (Armor Group)	Fabricant de films photovoltaïques organiques	France
Ascent Solar	Start-up du photovoltaïque	États-Unis
Association familiale Mulliez	Groupement d'intérêt économique	France
Axpo	Énergéticien	Suisse
Barjane	Opérateur d'immobilier logistique	France
Beem Energy	Start-up du photovoltaïque	France
Biocoop	Distributeur de produits biologiques	France
Boralex	Énergéticien	Canada
Boulanger	Distributeur d'électroménager et d'appareils électroniques	France
Bouygues	Groupe de BTP	France
British Columbia Investment (BCI)	Société d'investissement	Canada
Carbon	Start-up du photovoltaïque	France
Casino	Distributeur	France
Ciel et Terre International	Start-up du photovoltaïque	France
CMA CGM	Transporteur maritime	France
CMBM	Société spécialisée dans la charpente, la couverture et la maçonnerie	France
Cora	Distributeur	France
Corsica Sole	Énergéticien	France
CréaWatt' Fabrick (Phoenix)	Start-up du photovoltaïque	France
Crédit Agricole	Banque	France
Crédit Mutuel	Banque	France
CVE	Énergéticien	France
Davele	Start-up du photovoltaïque	France
Dirisolar	Start-up du photovoltaïque	France
DualSun	Start-up du photovoltaïque	France
E.Leclerc	Distributeur	France
ECM	Fabricant de fours industriels	France
EDF	Énergéticien	France
Edilians	Fabricant de toitures et tuiles en terre cuite	France
Eiffage	Groupe de BTP	France
EIT InnoEnergy	Accélérateur d'entreprises	Europe
Emirates Water and Electricity Company	Groupe de gestion de l'électricité et de l'eau	Émirats arabes unis
Enedis	Gestionnaire du réseau de distribution d'électricité	France
Energistro	Spécialiste du stockage cinétique de l'énergie	France
Enerlis	Opérateur de la transition énergétique	France
Engie	Énergéticien	France
Entech	Énergéticien	France
Envie 2E	Réseau d'entreprises d'insertion professionnelle dans l'économie circulaire	France
Eurazeo	Société d'investissement	France
Euro Airship	Start-up du photovoltaïque	France

LISTE DES ENTREPRISES CITÉES DANS L'ÉTUDE

Société	Nature de l'entreprise	Pays d'origine
Exosun	Fabricant de trackers solaires	France
Faradae	Énergéticien	France
FHE	Fournisseur de solutions pour l'autoconsommation intelligente	France
Flisom	Fabricant de cellules photovoltaïques	Autriche
Fonroche	Groupe actif dans la géothermie et l'éclairage photovoltaïque	France
Forvia	Équipementier automobile	France
G+Lyte	Start-up du photovoltaïque	France
Galloo	Recycleur de métaux ferreux et non ferreux	France
Générale du Solaire	Énergéticien	France
Girasole Energies	Énergéticien	France
Google	Groupe de services du numérique	États-Unis
GreenYellow	Énergéticien	France
Heliatek	Start-up du photovoltaïque	Allemagne
Heliup	Start-up du photovoltaïque	France
Héole	Start-up du photovoltaïque	France
Hestiom	Fournisseur de solutions énergétiques durables	France
Holosolis	Start-up du photovoltaïque	France
Homea	Bureau d'études spécialisé dans la méthanisation	France
Huawei	Fournisseur d'équipements et d'infrastructures électroniques	Chine
Huttopia	Chaîne de campings	France
Hyundai	Constructeur automobile	Corée du Sud
Ibaïa Boats	Start-up du photovoltaïque	France
Iberdrola	Énergéticien	Espagne
IDEC	Opérateur immobilier	France
Ikea	Concepteur et distributeur de meubles et d'objets de décoration	Suède
Infravia Capital Partners	Société d'investissement	France
Jinko Power	Énergéticien	Chine
Jokosun	Start-up du photovoltaïque	France
JP Energie Environnement	Énergéticien	France
La Française de l'Energie	Énergéticien	France
Legendre	Groupe de BTP	France
Leroy Merlin	Distributeur d'articles de bricolage et de décoration	France
Lhotellier	Groupe de BTP	France
Lidl	Distributeur	Allemagne
Lightyear	Start-up du photovoltaïque	États-Unis
Likewatt	Start-up du photovoltaïque	France
L'Oréal	Fabricant de cosmétiques	France
Lumi'in	Start-up du photovoltaïque	France
Macquarie Asset Management	Groupe de gestion d'actifs	Australie
Marguerite	Fonds d'investissement	Europe
Masdar	Énergéticien	Émirats arabes unis
MEAG	Groupe de gestion d'actifs	Allemagne
Mersen	Spécialiste des matériaux avancés	France
MiaSolé	Fabricant de cellules photovoltaïques	États-Unis
Michelin	Fabricant de pneumatiques	France
Midipile Mobility	Start-up du photovoltaïque	France
Millikan Boats	Start-up du photovoltaïque	France
Mirova	Groupe de gestion d'actifs	France
Mon Kit Solaire (Green Ideas)	Start-up du photovoltaïque	France
MyLyght Systems (Cime Capital)	Start-up du photovoltaïque	France
Neoen	Énergéticien	France
OKwind	Start-up du photovoltaïque	France
Ombrea	Start-up du photovoltaïque	France
Orange	Opérateur de télécommunications	France
Oscar Power	Start-up du photovoltaïque	France
Phoenix Group	Concepteur et installateur de panneaux photovoltaïques	France
Photosol (Rubis)	Énergéticien	France
Plaine Commune Habitat	Bailleur social	France
Plastic Omnium	Équipementier automobile	France
Pulsalys	Incubateur	France

LISTE DES ENTREPRISES CITÉES DANS L'ÉTUDE

Société	Nature de l'entreprise	Pays d'origine
Q ENERGY France	Énergéticien	France
Qair	Énergéticien	France
Quadran (TotalEnergies Renouvelables)	Énergéticien	France
Reden Solar	Énergéticien	France
Renault	Constructeur automobile	France
Renault-Volvo Trucks	Constructeur de poids lourds	France / Suède
Richel	Fabricant de serres horticoles	France
Ridoret	Fabricant et installateur de menuiseries	France
Rosi Solar	Start-up du photovoltaïque	France
Rubis	Spécialiste du stockage et de la distribution d'énergie	France
RWE	Énergéticien	Allemagne
Safran	Motoriste aéronautique et spatial	France
Saft (TotalEnergies)	Fabricant de batteries industrielles	France
Sanofi	Laboratoire pharmaceutique	France
Saule Technologies	Start-up du photovoltaïque	Pologne
SeaZen	Start-up du photovoltaïque	France
SERFIM	Groupe de BTP	France
Siemens Energy	Fabricant de centrales électriques thermiques et renouvelables	Allemagne
Smart Energies	Énergéticien	France
SNCF	Opérateur ferroviaire	France
Société laitière de Laqueuille	Laiterie	France
Sodebo	Industriel agroalimentaire	France
Solar Cloth	Start-up du photovoltaïque	France
SolarCoop	Start-up du photovoltaïque	France
SolarinBlue	Start-up du photovoltaïque	France
SolarMoov	Start-up du photovoltaïque	France
Solarwatt	Fabricant de panneaux solaires	Allemagne
SoleilPourTous (Evolis)	Start-up du photovoltaïque	France
Soleol	Bureau d'études spécialisé dans les énergies renouvelables	France
Solvay	Chimiste	Belgique
Sono Motors	Start-up du photovoltaïque	Allemagne
Soy PV	Start-up du photovoltaïque	France
Stellantis	Constructeur automobile	France / Italie / États-Unis
Sun'Agri (Sun'R)	Start-up du photovoltaïque	France
Sunman	Fabricant de panneaux solaires	Chine
Sunna Design	Start-up du photovoltaïque	France
Sunology	Start-up du photovoltaïque	France
Taqa	Holding de l'énergie	Émirats arabes unis
Tenergie	Énergéticien	France
Terre Solaire	Installateur photovoltaïque	France
TotalEnergies	Pétrolier et énergéticien	France
Toyota	Constructeur automobile	France
TSE	Énergéticien	France
Ubby Energy	Start-up du photovoltaïque	France
UNITe	Énergéticien	France
Urbasolar (Axp0)	Énergéticien	France
Veolia	Gestionnaire de l'eau et des déchets	France
Vhélío	Start-up du photovoltaïque	France
Vinci	Groupe de BTP	France
Vitabris	Fabricant de tentes pliantes, de barnums et de chapiteaux	France
Volkswagen	Constructeur automobile	Allemagne
Voltalia	Énergéticien	France
Wello	Start-up du photovoltaïque	France
XSun	Start-up du photovoltaïque	France
Ze Energy	Énergéticien	France

Traitement IndexPresse.

LEXIQUE

- **Autoconsommation**

Consommation d'électricité produite par le consommateur lui-même (particulier, entreprise, collectivité, etc.), via une installation implantée chez lui ou à proximité.

- **Agrivoltaïsme**

Déploiement d'installations photovoltaïques sur des terres agricoles.

- **Cellules CIGS**

Cellules photovoltaïques reposant sur la technologie des couches minces et l'utilisation de cuivre, d'indium, de gallium et de sélénium.

- **Cellules à pérovskite**

Cellules photovoltaïques reposant sur la technologie des couches minces et l'utilisation de pérovskite.

- **PPA**

Power Purchase Agreement, contrat d'achat d'électricité sur une longue période passé entre une organisation et un énergéticien.

- **Repowering**

Opération de remplacement d'une ancienne infrastructure photovoltaïque par une nouvelle plus puissante.

- **Solaire flottant**

Déploiement de panneaux solaires flottants sur des étendues d'eau (lacs, réservoirs, bassins industriels, mer, etc.)

SOURCES UTILISÉES

Allaire William, "Istres : Engie Green va installer une centrale photovoltaïque dans la carrière du parc d'artillerie", *mesinfos.fr*, 22 décembre 2021

Barbaux Aurélie, "Le solaire made in France fait de la résistance", *L'Usine nouvelle*, septembre 2021, p.140-142

Barbaux Aurélie, "L'agrivoltaïsme en quête d'acceptabilité", *L'Usine nouvelle*, février 2023, p.102-106

Batteux Catherine, "Prix de l'énergie. Apprendre la sobriété", *Points de vente*, 21 novembre 2022, p.14-28

Berthelot de Le Glétais Jean, "Soren et Envie2E inaugurent un site de recyclage de panneaux photovoltaïques en Gironde", *usinenouvelle.com*, 28 septembre 2022

Beyer Marie, "Solar Cloth et le développement d'une filière française du CIGS", *pvmagazine.fr*, 18 juillet 2022

Beyer Marie, "Une usine de production de cellules CIGS en préparation à côté de Paris", *pvmagazine.fr*, 3 octobre 2022.

Bicard Daniel, "E.Leclerc ouvre la plus vaste installation photovoltaïque d'hyper en France", *LSA*, 11 novembre 2021, p.26-27

Bocquet Catherine, "Photovoltaïque : Girasole Energies prend son indépendance et lève 96 millions d'euros", *lesechos.fr*, 27 mars 2023

Bohlinger Philippe, "Holosolis mis sur une cellule solaire nouvelle génération pour sa gigafactory de modules solaires", *usinenouvelle.com*, 26 juin 2023

Bouche Marion, "En 2023, les investissements dans l'énergie solaire devraient devancer ceux dans le pétrole", *usinenouvelle.com*, 25 mai 2023

Brouillet Sylvie, "EDF Renouvelables va doter l'usine Sanofi d'Aramon d'une centrale solaire en autoconsommation", *usinenouvelle.com*, 22 avril 2022

Carré Anne, "Le recyclage des panneaux solaires photovoltaïques", *acsolue-energie.fr*, 2 novembre 2022

César Nicolas, "Énergie solaire : pourquoi ArcelorMittal rachète le girondin Exosun", *sudouest.fr*, 5 janvier 2018

Chauvot Myriam, "Veolia inaugure le premier site de recyclage de panneaux solaires", *lesechos.fr*, 29 juin 2018

Cheminade Pierre, "Géothermie : la batterie souterraine d'AbSolar veut décarboner l'industrie", *latribune.fr*, 25 mai 2023

Chodorge Simon, "Les véhicules électriques prennent le soleil", *L'Usine nouvelle*, mai 2023, p.112-113

Clémens Monique, "Energistro lance à Belfort la production de ses volants de stockage d'énergie", *lesechos.fr*, 27 janvier 2022

Cognasse Olivier, "La SNCF va investir un milliard d'euros pour produire massivement de l'énergie solaire", *usinenouvelle.com*, 6 juillet 2023

Collen Vincent, "L'Armée donne un gros coup de pouce au solaire", *lesechos.fr*, 9 août 2019

Constant Olivier, "Xsun sur une rampe de lancement", *Air & Cosmos*, 12 janvier 2023, p.25

De Malet Caroline, "Le stockage est-il l'avenir du solaire ?", *lefigaro.fr*, 4 novembre 2022

Deboutte Gwénaëlle, "Armor Group recentre son activité photovoltaïque organique", *pvmagazine.fr*, 28 juin 2023

Deboyser Bernard, "Le solaire flottant explosera-t-il dans les cinq prochaines années ?", *revolution-energetique.com*, 21 janvier 2022

Deniau Kévin, "Rosi Solar, la start-up qui veut révolutionner le recyclage de panneaux photovoltaïques", *usinenouvelle.com*, 20 juin 2023

SOURCES UTILISÉES

Donas Coralie, "Engie Green déploie le photovoltaïque en Alsace", *lesechos.fr*, 18 mars 2022

Dubois-Carriat Victor, "Les ETI du BTP, sous le soleil exactement", *Le Moniteur du bâtiment*, 19 mai 2023, p.12-13

Ducrot Valentine, "Comment Davele participe au développement de l'agrivoltaïsme appliqué à l'élevage", *latribune.fr*, 13 janvier 2023

Espalieu Florian, "Heliup veut couvrir les toits avec ses panneaux photovoltaïques légers", *lesechos.fr*, 17 avril 2023

Espalieu Florian, "Photovoltaïque : Rosi Solar lève des fonds pour son usine de recyclage", *lesechos.fr*, 23 novembre 2022

Fabrégat Sophie, "Le photovoltaïque en quête d'hectares", *Actu-environnement*, décembre 2022, p.32-40, 42-43

Fassot Frédéric, "Mersen annonce un plan d'investissement de 400 millions d'euros", *vipress.net*, 20 mars 2023

Frachet Stéphanie, "Solaire : Ze Energy décroche 40 millions d'euros et met le cap sur l'Europe", *lesechos.fr*, 20 décembre 2021

Frachet Stéphanie, "UNITE intensifie sa bascule de l'hydroélectricité au solaire", *lesechos.fr*, 17 mai 2023

Gallo Triouleyre Stéphanie, "Solaire : GreenYellow, l'ex-pépité de Casino, se rêve désormais en champion européen aux côtés d'Ardian", *latribune.fr*, 13 décembre 2022

Gaveriaux Laura-Mai, "À Abu Dhabi, dans la plus grande ferme solaire au monde", *lesechos.fr*, 30 mai 2023

Godement Valérie, "Énergie solaire : l'énergéticien TSE lève 130 millions d'euros", *reussir.fr*, 20 avril 2023

Gouja Yousra, "Choose France 2023 : Holosolis lance la plus grande usine photovoltaïque d'Europe en Moselle", *lemoniteur.fr*, 15 mai 2023

Guidicelli Franck, "La filière photovoltaïque fait toujours preuve de dynamisme", *Négoce*, avril 2022, p.44-45

Guilbert Léo, "Sunwind Energy. Une première au Dévoluy", *Montagne leaders*, juillet 2021, p.44

Guimard Emmanuel, "Beem lève 20 millions d'euros pour ses solutions solaires 'plug and play'", *usine-digitale.fr*, 29 mai 2023

Guimard Emmanuel, "Photovoltaïque : Sunology enregistre 20 millions de revenus pour son premier exercice", *lesechos.fr*, 22 mai 2023

Habchi Malik, "Pourquoi la gigafactory de modules solaires de Holosolis sera construite en France", *usinenouvelle.com*, 16 mai 2023

Hielle Olivier, "L'agrivoltaïsme, une opportunité de développement qui se prépare avec soin", *VITI*, avril 2023, p.48-49

Hiscock Stéphane, "Projet Horizéo à Saucats : Engie maintient son objectif de 1 000 hectares de panneaux photovoltaïques", *francebleu.fr*, 31 mai 2022

Huille Claire, "L'hôpital d'Evreux veut installer une grande centrale photovoltaïque sur son site", *actu.fr*, 6 juillet 2022

Jadot Jérôme, "Transition énergétique : stocker la chaleur accumulée durant l'été pour la réutiliser l'hiver, une première expérience tentée près de Bordeaux", *francetvinfo.fr*, 15 juin 2021

James Olivier, "Capter l'énergie solaire dans l'espace", *L'Usine nouvelle*, novembre 2022, p.14-15

Kerboua Narjasse, "La belle croissance de Tenergy, 2e acteur de l'énergie solaire en France", *madeinmarseille.net*, 5 janvier 2023

SOURCES UTILISÉES

Kleczinski Méline, "L'invention des hydro-panneaux pourrait mettre fin à la crise mondiale du manque d'accès à l'eau potable", *neozone.org*, 12 août 2022

Laporte Natasha, "Raffaella Giardino, Carbon : 'Sur le solaire, nous devons être compétitifs par rapport aux Chinois'", *latribune.fr*, 30 juin 2023

Laurent Anthony, "Une pompe à chaleur au service de l'intelligence énergétique", *Environnement Magazine*, octobre 2022, p.34

Laurent Anthony, "Un nouveau panneau solaire pour accroître les rendements en toiture", *Environnement Magazine*, octobre 2022, p.36

Laurent Anthony, "Champ libre pour les haies photovoltaïques", *Environnement Magazine*, mai 2022, p.32

Le Bolzer Julie, "Julie Davico-Pahin a le champ libre avec Ombrea", *lesechos.fr*, 8 mars 2023

Le Coz Cécile, "Xavier Barbaro, PDG de Neoen : 'Le cash-flow va devenir la première source de financement'", *Investir - Le Journal des finances*, 20 mai 2023, p.24

Le Coz Cécile, "Voltaïa met l'accent sur le solaire et sur l'Europe pour un avenir en vert", *Investir - Le Journal des finances*, 14 janvier 2023, p.10

Le Renard Sophie, "L'éclairage public solaire promis à un brillant avenir", *La Gazette des communes*, 22 mai 2023, p.32-33

Lenormand Anne, "Énergies renouvelables : une nouvelle plateforme ciblant les projets des territoires", *banquedesterritoires.fr*, 30 mai 2023

Leroux Hugo, "Heliatek industrialise le photovoltaïque souple", *usinenouvelle.com*, 19 mars 2012

Lupieri Stefano, "Sun'Agri, le faiseur d'ombre", *Les Échos week-end*, 3 juin 2022, p.48-50

Lupieri Stefano, "Produire sa propre énergie, la nouvelle révolution", *Les Échos week-end*, 13 janvier 2023, p.34-38

Luquain Amélie, "Biosolaire. La production d'énergie dopée par la nature", *Le Moniteur du bâtiment*, 8 juillet 2022, p.50-51

Madoui Laurence, "Photovoltaïques. Les boucles locales en passe de devenir rentables", *Environnement Magazine*, mars-avril 2023, p.24-30

Madoui Laurence, "Photovoltaïque : les parkings hissent les panneaux", *Environnement Magazine*, décembre 2022, p.46-47

Mann Nathan, "La France innove pour se relancer dans le solaire", *L'Usine nouvelle*, décembre 2022, p.144-147

Marc Laurent, "Pourquoi l'hôpital de Saint-Brieuc fait le pari du solaire ?", *letelegramme.fr*, 3 mai 2022

Meneust Christophe, "Sodebo se dote d'un parc photovoltaïque", *Process Alimentaire*, mars 2023, p.16

Meretseger Maxime, "Agrivoltaïsme, la France se cherche une doctrine", *Enjeux*, juillet-août 2022, p.62-64

Mérigaud Corinne, "CMBM se développe, porté par le marché du photovoltaïque", *Le Bois international*, 25 mars 2023, p.13-15

Molga Paul, "Le producteur d'énergie renouvelable Tenergy met le cap sur la consommation locale", *lesechos.fr*, 10 mars 2023

Molga Paul, "DualSun lève 10 millions d'euros pour ses panneaux solaires hybrides", *lesechos.fr*, 31 août 2022

Niedercorn Frank, "Solaire : Reden accélère son développement", *lesechos.fr*, 10 mai 2023

SOURCES UTILISÉES

Notzon David, "Comment stocker l'énergie solaire ?", *light.eco*, 28 décembre 2022

Oger Anne, "À Amilly, l'entreprise CréaWatt', en plein boom, va lancer sa production de panneaux solaires légers", *francebleu.fr*, 26 juin 2023

Pasquet Henri, "Loire-Atlantique. Cette entreprise est spécialisée dans le stockage d'énergie solaire", *actu.fr*, 22 juin 2023

Payonne Sébastien, "Ubby Energy se dote de ses propres locaux pour grandir dans l'autonomie énergétique", *agence-api.ouest-france.fr*, 12 juin 2023

Piffaretti Alain, "L'Essonne accueillera l'une des plus grandes fermes photovoltaïques d'Île-de-France en 2024", *lesechos.fr*, 25 mai 2023

Piqué Mathilde, "Essonne : une centrale solaire s'installe sur le toit d'un entrepôt de Biocoop", *lesechos.fr*, 18 novembre 2022

Puget Yves, "Cora 'solarise' un premier magasin en Alsace", *LSA*, 2 décembre 2021, p.76

Roussel Florence, "Quand le photovoltaïque rencontre l'élevage", *Environnement & Technique*, février 2023, p.21

Roussel Florence, "Le solaire photovoltaïque au beau fixe", *Actu-environnement*, avril 2022, p.32-41

Sachet Raphaël, "L'entrepreneur à impact : Ralph Feghali, Beem Energy", *Les Échos week-end*, 26 mai 2023, p.80

Salti Stéphanie, "Les installateurs de panneaux solaires en quête de réassurance", *L'Argus de l'assurance*, 19 mai 2023, p.32

Santos Beatriz, "Un fabricant de modules CIGS annonce l'industrialisation de ses cellules à pérovskite", *pvmagazine.fr*, 20 mars 2023

Spaes Joël, "Le polonais Saule Technologies ouvre la première usine de cellules PV en pérovskite à Wrocław", *pvmagazine.fr*, 17 juin 2021

Stiel Nicolas, "Énergies renouvelables. À quel prix ?", *Challenges*, 14 octobre 2021, p.64-66, 68-69

Uberti Héloïse, "Autoconsommation : la demande explose, les installateurs peinent à suivre", *capital.fr*, 8 novembre 2022

Vermeersch Antoine, "Pourquoi le marché du recyclage des panneaux photovoltaïques va connaître un boom d'ici 2030", *usinenouvelle.com*, 11 juillet 2022

Vialatte Hubert, "SolarinBlue lance à Sète sa première ferme solaire offshore", *lesechos.fr*, 17 mars 2023

Wajsbrot Sharon, "Solaire : une nouvelle usine de 3 000 salariés à Fos-sur-Mer, le pari fou de Carbon", *lesechos.fr*, 3 mars 2023

Wajsbrot Sharon, "'Rente du solaire' : le Conseil d'État se place sur la route du gouvernement", *lesechos.fr*, 14 février 2023

Wanaverbecq Christiane, "Tenergie attaque sur tous les fronts des EnR", *Le Moniteur du bâtiment*, 12 mai 2023, p.16

Weiss Bénédicte, "Hestiom lance un kit pour autoconsommer son électricité en différé", *lesechos.fr*, 13 avril 2023

Wrobel Sharon, "L'israélien Apollo Power ouvre la 'première' usine de panneaux solaires souples", *timesofisrael.com*, 26 janvier 2023

Zaffagni Marc, "Des panneaux solaires qui fonctionnent de nuit, c'est désormais possible", *cnetfrance.fr*, 20 avril 2022

SOURCES UTILISÉES

- "119 gares de la SNCF se font une place au soleil", *Environnement Magazine*, décembre 2022, p.23
- "Calvados : EDF Renouvelables est choisi pour le projet de centrale photovoltaïque pour la communauté de communes Cœur Côte Fleurie", *usinenouvelle.com*, 10 juin 2022
- "Cap décisif pour Solar Cloth qui signe d'importants contrats commerciaux et industrialise ses tissus photovoltaïques", *capenergies.fr*, 19 juillet 2021
- "Décarbonation et énergies renouvelables", *Mat Environnement*, décembre 2022, p.24-28
- "Des panneaux solaires hybrides pour produire de l'électricité quand il pleut", *victimesseduphotovoltaïque.com*, 2018
- "Jokosun, la start-up qui rend l'énergie solaire accessible à tous !", *mondedesgrandesecoles.fr*, 8 juin 2023
- "La Banque des territoires développe 1 GW de projets solaires", *environnement-magazine.fr*, 19 juin 2023
- "Lancement de la marque Ridoret Énergie", *Verre & Protections Mag*, septembre-octobre 2021, p.32
- "Le marché français du photovoltaïque s'envole", *Mat Environnement*, février 2023, p.16-19
- "Le Smirec se lance dans la production d'électricité photovoltaïque en Seine-Saint-Denis", *Le nouvel Économiste*, 2 décembre 2022, p.22
- "L'Oréal va couvrir 25 % de sa consommation d'électricité avec deux projets photovoltaïques", *latribune.fr*, 22 février 2023
- "OL Groupe, Engie et Reservoir Sun inaugurent un parc photovoltaïque unique en Europe à OL Vallée", *ol.fr*, 9 décembre 2022
- "Photovoltaïque sur toiture : une opération de renouvellement illustre les écueils du repowering solaire", *actu-environnement.com*, 18 mars 2022
- "Pierre-Noël Luiggi, Oscar Power. Le panneau solaire à la portée de tous", *Entreprendre*, février 2023, p.56-57
- "Que deviennent ces immenses panneaux photovoltaïques en fin de vie ?", *Mat Environnement*, septembre 2022, p.48-49
- "Quels sont les avantages d'installer des fenêtres solaires ?", *monkitsolaire.fr*, 10 janvier 2022
- "Rubis finalise l'acquisition de 80 % de Photosol pour 385 millions d'euros", *lesechos.fr*, 15 avril 2022
- "Sanofi inaugure avec EDF ENR son premier parc photovoltaïque en autoconsommation sur son site de Montpellier", *sanofi.fr*, 7 avril 2023
- "Solaires : ultrafines et souples, ces cellules photovoltaïques pourraient se retrouver partout", *generation-nt.com*, 24 janvier 2023
- "Stocker l'énergie solaire et éolienne pendant des mois ? Des Français ont la solution", *presse-citron.net*, 20 décembre 2022
- "Un nouveau procédé permet de produire des panneaux solaires flexibles", *courrierinternational.com*, 31 mai 2023
- "Une start-up amiénoise spécialisée dans les panneaux photovoltaïques cherche des investisseurs", *francebleu.fr*, 8 février 2023

La collection IndexPresse *Business Etude*

Comment accéder à des données fiables, pertinentes et surtout synthétisées, alors que l'information n'a jamais été aussi accessible en apparence ?

Voilà une question à laquelle sont confrontés quotidiennement les décideurs dans les entreprises lorsqu'il s'agit de prendre les bonnes décisions.

C'est pourquoi nous avons créé la collection **IndexPresse Business Etude**, des études sectorielles complètes, réalisées à partir des plus grands titres de la presse

économique et professionnelle. En s'appuyant sur des informations fiables et de qualité, les études d'IndexPresse offrent des synthèses analytiques et éclairées sur les secteurs d'activité émergents ou en mutation.

Vous aurez ainsi toutes les clés en main pour accompagner votre réflexion stratégique, en vous appuyant sur l'examen des enjeux de votre marché, afin d'anticiper ses évolutions et valider, ou modifier, votre positionnement dans le jeu concurrentiel.

IndexPresse *Business Etude*

Date de parution - juillet 2023.



Renaud HAMMAMY

renaud.hammany@indexpresse.fr

Auteur

Étude rédigée en collaboration avec **Samuel ARNAUD**

De plus en plus compétitif, le photovoltaïque a connu une accélération considérable avec la forte hausse des prix de l'énergie consécutive au déclenchement du conflit en Ukraine. Entreprises comme collectivités cherchent à combiner gains économiques et écologiques, tandis que les spécialistes du domaine multiplient les projets et constatent l'arrivée de nouveaux entrants attirés par les perspectives du marché.

Dans quelle mesure la guerre en Ukraine a-t-elle dynamisé le secteur ? Pourquoi l'auto-consommation devient-elle aussi attractive ? Qu'est-ce que le repowering ? En quoi les CPPA sont-ils pertinents pour les entreprises ? Quels projets de gigafactories photovoltaïques sont développés dans l'Hexagone ? Quels sont les avantages de l'agrivoltaïsme ? Le solaire flottant est-il un modèle pertinent ? Comment l'innovation se déploie-t-elle dans le stockage de l'énergie solaire ? Les panneaux solaires sont-ils recyclables ?

Cette étude apporte des éléments de réponse et de réflexion pour comprendre les enjeux et les perspectives du secteur, décrypter les modèles de développement à potentiel et identifier les orientations stratégiques pour se positionner dans le jeu concurrentiel.

Photo de couverture : © Kampan



IndexPresse
19 rue René Thomas
38000 Grenoble
Tél. 04 76 92 05 25
indexpresse@indexpresse.fr