



Berne, le 7 juin 2024

---

# **Contributions de la Suisse à la relance de l'industrie solaire européenne**

Rapport du Conseil fédéral  
donnant suite au postulat 21.3870 Suter  
du 17 juin 2021

---

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Résumé .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>4</b>
2.1	Postulat 21.3870 .....	4
2.2	Contexte et but .....	5
<b>3</b>	<b>Évolution du marché.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Chaîne de création de valeur et chaîne d'approvisionnement du photovoltaïque .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Politique industrielle de la Chine, des États-Unis et de l'Inde dans le domaine photovoltaïque .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Relance de l'industrie solaire européenne.....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Contributions de la Suisse.....</b>	<b>14</b>
7.1	Réflexions concernant une production photovoltaïque intégrée verticalement en Suisse.....	17
<b>8</b>	<b>Conclusions.....</b>	<b>20</b>

## 1 Résumé

Pour atteindre ses objectifs de politique énergétique et climatique, la Suisse doit, comme d'autres pays, pouvoir compter sur des chaînes d'approvisionnement fiables dans le domaine du photovoltaïque (PV). Aujourd'hui, les chaînes d'approvisionnement de la filière photovoltaïque se caractérisent par une forte dépendance vis-à-vis de la production chinoise. En effet, la Chine détient 80 % du marché, parfois plus, à toutes les étapes de la chaîne de création de valeur. Cette dépendance est particulièrement marquée en Europe. En 2023, des modules photovoltaïques pour une puissance totale avoisinant 120 gigawatts (GW) ont été importés de Chine, alors que la puissance installée en Europe a augmenté d'environ 60 GW. Cette année-là, le niveau des prix en Europe a atteint un plus bas historique autour de 15 centimes d'euro par watt (0,15 EUR/W), voire moins. À titre de comparaison, les coûts de fabrication sur le territoire européen se situent autour de 0,30 EUR/W. Des analyses effectuées par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) ont montré que les coûts de production en Chine sont inférieurs d'environ 35 % à ceux en Europe, ce en raison de coûts énergétiques et salariaux plus bas. L'AIE estime que sans subvention, la production de modules photovoltaïques en dehors de l'Asie ne peut actuellement guère soutenir cette concurrence. La production européenne a ainsi reculé de 9 GW en 2022 à environ 1 GW en 2023.

Depuis le dépôt du postulat, des mesures de politique industrielle ont été prises dans différentes régions du monde afin de réduire cette dépendance. Les États-Unis, en particulier, ont adopté en 2022 un paquet législatif – l'« Inflation Reduction Act » – destiné à renforcer la position de l'industrie américaine dans le domaine des technologies énergétiques non fossiles. L'Union européenne (UE) a engagé une démarche similaire avec son règlement pour une industrie « zéro net », qui prévoit des objectifs de production minimum sur le sol européen pour les technologies qui soutiennent la transformation du système énergétique. En outre, une alliance européenne de l'industrie solaire photovoltaïque a été mise sur pied : elle vise une capacité de production européenne de 30 GW sur l'ensemble de la chaîne de création de valeur d'ici à 2025.

La Suisse contribue à une production photovoltaïque performante par les activités de recherche bien établies qu'elle abrite. La recherche et développement (R-D) suisse a déjà rendu possibles des innovations majeures dans le domaine de l'énergie photovoltaïque. La Suisse possède de vastes compétences sur une grande partie de la chaîne de création de valeur du photovoltaïque. Et les chercheurs suisses sont très bien intégrés dans les réseaux internationaux. La moitié des fonds publics alloués sur une base concurrentielle sont utilisés pour des projets européens. Comparativement, les pouvoirs publics suisses investissent beaucoup dans la recherche photovoltaïque. Pour encourager l'innovation, il faudra à l'avenir également des partenaires industriels en Suisse ou en Europe qui puissent concrétiser les résultats de la recherche. La contribution de la Suisse au renforcement de la production en Europe doit se concentrer sur cette promotion économique indirecte.

Les modules photovoltaïques sont nécessaires à moyen terme pour le développement des énergies renouvelables mais, contrairement aux biens vitaux tels que l'alimentation ou les médicaments, ils ne doivent pas impérativement être disponibles à court terme et à tout moment. Dans le contexte actuel, caractérisé par des subventions massives, la mise en place ou l'élargissement d'une production de modules photovoltaïques indigènes serait très coûteux. Dans le même temps, il ne faudrait pas s'attendre à une réduction notable des rapports de dépendance. En effet, des mesures de politique industrielle engendreraient durablement des dépendances, un risque élevé de mauvaise allocation des ressources aux frais du contribuable, des effets d'aubaine et une inégalité de traitement au détriment d'autres secteurs. Pour ces motifs, le Conseil fédéral rejette des mesures de politique industrielle visant à soutenir ou à développer une industrie du photovoltaïque en Suisse.

## 2 Introduction

### 2.1 Postulat 21.3870

Le postulat 21.3870 « Participation de la Suisse à la relance de l'industrie solaire européenne » a été déposé le 17 juin 2021 par la conseillère nationale Gabriela Suter et adopté par le Conseil national le 17 mars 2022 par 108 voix contre 75 et 5 abstentions.

#### Texte déposé :

Le Conseil fédéral est chargé de présenter dans un rapport comment la Suisse a soutenu jusqu'à présent les efforts de relance de l'industrie photovoltaïque européenne, comment renforcer ce soutien à l'avenir et quels seraient les effets de cette relance sur les plans écologique, économique et social.

#### Développement :

Il y a encore 10 ans, des pays européens tels que l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne faisaient partie des producteurs d'électricité photovoltaïque les plus importants au niveau mondial. Cette position a permis de soutenir des sites de recherche et de production sur le continent européen. Cependant, une industrie photovoltaïque a par la suite été mise sur pied très rapidement par la Chine grâce à des subventions étatiques, ce qui a conduit à l'effondrement des sites de production photovoltaïque en Europe et à la domination du marché mondial par les producteurs de modules chinois. L'État chinois s'est manifestement aperçu que le photovoltaïque était une technologie majeure pour les prochaines décennies.

En Suisse aussi, bien plus de la moitié des modules utilisés proviennent de Chine. Les producteurs de modules en Suisse et dans l'UE sont également touchés par le quasi-monopole chinois sur le polysilicium et les wafers (tranches de silicium). Cette forte dépendance est problématique non seulement pour des raisons de sécurité de l'approvisionnement, le solaire étant appelé à devenir la principale source d'électricité à l'avenir, mais aussi en raison de rapports faisant état de travail forcé dans l'industrie chinoise du silicium ainsi que de l'électricité bon marché et subventionnée qui provient de centrales à charbon et qui sert à produire du silicium en Chine.

La relance de l'industrie solaire européenne sur l'ensemble de la chaîne de valeur pourrait permettre de résoudre ces problèmes. Grâce à une automatisation poussée, la production en Europe pourrait se faire à des coûts similaires à ceux de l'Extrême-Orient. L'UE s'est déjà engagée dans cette voie. Étant donné que la Suisse fait partie des principaux sites de recherche sur le photovoltaïque, elle devrait soutenir activement ces efforts.

#### Avis du Conseil fédéral du 18 août 2021

Le Conseil fédéral estime judicieux de présenter dans un rapport comment la Confédération soutient la recherche appliquée, par exemple via Innosuisse et, s'agissant de l'énergie solaire, par le biais de la recherche énergétique de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). Le rapport que le Conseil fédéral établira en cas d'adoption du postulat n'aura pas pour objectif des interventions relevant de la politique industrielle, telles que la participation à des initiatives européennes destinées à renforcer des branches spécifiques au moyen d'aides d'État.

#### Proposition du Conseil fédéral

Le Conseil fédéral propose d'accepter le postulat.

## 2.2 Contexte et but

Partout dans le monde, le photovoltaïque (PV) joue un rôle majeur dans les scénarios de politique énergétique. En tant que solution économique de production d'énergie durable, il revêt une grande importance dans la décarbonation du secteur énergétique. Au cours des deux dernières décennies, des avancées technologiques décisives ont notamment permis de réduire les coûts de fabrication, grâce à la diminution des quantités de matériaux utilisées, à l'amélioration de la puissance des modules et à des optimisations dans la chaîne d'approvisionnement.

La Suisse bénéficie aujourd'hui d'une forte dynamique de recherche et développement dans le domaine du photovoltaïque. Les acteurs de la recherche et de l'industrie figurent parmi les institutions les plus en vue au niveau mondial, et ce dans différents secteurs. Une part importante des innovations technologiques à travers le monde émerge aujourd'hui dans un environnement industriel, sur de grandes lignes de production. Ainsi, les records de rendement de plusieurs technologies de cellules photovoltaïques sont détenus par des acteurs de l'industrie. Pour cette raison, la recherche technologique menée en Suisse se focalise avant tout sur les domaines dans lesquels il existe des partenaires de mise en œuvre en Suisse ou en Europe. Les pouvoirs publics soutiennent la recherche photovoltaïque, sur une large palette de thèmes, avec des ressources comparativement importantes<sup>1</sup> et constantes.

Aujourd'hui, la part de la production PV qui ne provient pas de Chine représente quelques pour cent seulement sur toute la chaîne de création de valeur<sup>2</sup>. Or, la réalisation des objectifs de développement du photovoltaïque<sup>3</sup> au niveau mondial nécessite une chaîne d'approvisionnement diversifiée et résiliente. Depuis le dépôt du postulat, des mesures d'encouragement ont été prises sous la forme de subventions dans différentes régions économiques du monde afin de lutter contre les dépendances et les lacunes dans cette chaîne d'approvisionnement. Jusqu'à présent, le Conseil fédéral a renoncé à des mesures visant spécifiquement à réduire la dépendance de la Suisse à l'égard des importations de biens destinés à la production d'électricité<sup>4</sup>. En 2016 déjà, il a adopté un rapport sur les évolutions actuelles et les mesures d'encouragement de la Confédération en matière de recherche et d'innovation dans le domaine de l'énergie photovoltaïque en Suisse<sup>5</sup>. Dans le cadre du rapport en réponse aux postulats 22.3405 du groupe socialiste et 23.3543 de la conseillère nationale Samira Marti, il a en outre défini une politique en matière de chaîne d'approvisionnement. Afin de renforcer la résilience de l'économie face aux ruptures dans les chaînes d'approvisionnement mondiales pour les biens autres que les biens vitaux, tels que les modules PV, le Conseil fédéral mise sur des mesures qui n'entraînent pas de distorsion de la concurrence et qui permettent aux entreprises suisses de diversifier les sources auprès desquelles elles peuvent s'approvisionner. Il utilise à cet effet une large palette de mesures de politique économique extérieure telles que de nouveaux accords de libre-échange ou la suppression du droit de douane industriel, entrée en vigueur récemment.

## 3 Évolution du marché

Début 2022, la capacité photovoltaïque installée au niveau mondial était supérieure à un térawatt (TW), et elle avoisinait 1,2 TW fin 2022. La part du photovoltaïque dans la production mondiale d'électricité représente ainsi environ 6 %<sup>6</sup>. Les effets d'échelle et, en particulier, une innovation continue sur l'ensemble de la chaîne de création de valeur ont permis de réduire fortement les coûts de fabrication.

<sup>1</sup> Au total, 10 % des moyens consacrés à la recherche énergétique en Suisse sont affectés au photovoltaïque.

<sup>2</sup> Agence internationale de l'énergie (AIE) (2022) : Special Report on Solar PV Global Supply Chains. [www.iea.org > Reports > Solar PV Global Supply Chains](https://www.iea.org/reports/solar-pv-global-supply-chains). Page consultée le 21 décembre 2023.

<sup>3</sup> Cf. objectifs de développement selon la feuille de route zéro net de l'AIE (« Net Zero Roadmap ») : [https://www.iea.org/ > Reports > Net Zero Roadmap](https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap) (page consultée le 6 mai 2024, en anglais uniquement).

<sup>4</sup> Communiqué de presse du 23 août 2023 « Le Conseil fédéral renonce aux mesures visant à réduire la dépendance de la Suisse à l'égard des importations de biens destinés à la production d'électricité »

<sup>5</sup> *Recherche et innovation dans le domaine de l'énergie photovoltaïque en Suisse – évolutions actuelles et mesures d'encouragement de la Confédération. Rapport du Conseil fédéral donnant suite au postulat 10.3080 Chopard-Acklin du 10 mars 2010*

<sup>6</sup> AIE, Photovoltaic Power Systems Programme (2023) : *Snapshot of Global PV Markets 2023* (en anglais uniquement). Les chiffres diffèrent légèrement selon la source (AIE, IRENA, BNEF).

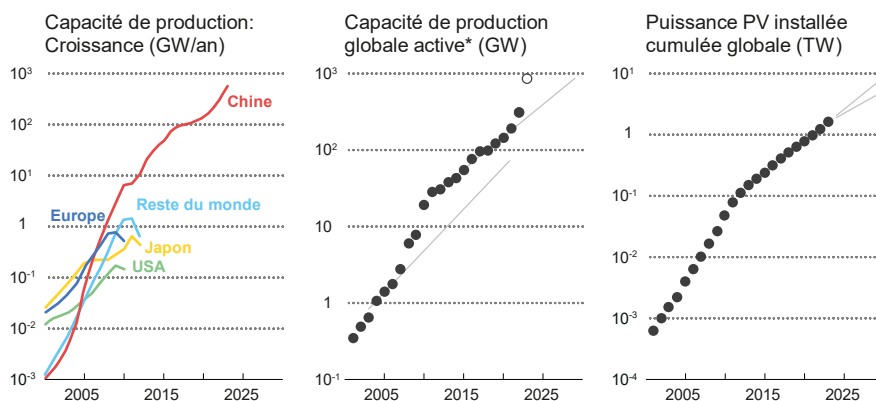


Figure 1 : À gauche : croissance de la capacité de production par région. Au centre : capacité de production active (\*pas nécessairement exploitée à 100 %). À droite : puissance PV cumulée au niveau mondial. La capacité de production et la puissance installée au niveau mondial ont augmenté plus fortement pendant la période où la production était répartie géographiquement qu'aujourd'hui (source : Pietro P. Altermatt, Trina Solar, 2023).

En une décennie à peine, les prix des modules ont baissé de plus de 80 %. Dans plusieurs régions du monde, le photovoltaïque est devenu la technologie de production d'électricité la plus avantageuse. La baisse importante des coûts des modules PV s'accompagne d'une augmentation de la part relative des coûts liés à la technologie des systèmes et des coûts non matériels (développement du projet, commercialisation, autorisation, financement, etc.) dans le prix de revient de l'électricité photovoltaïque, en particulier pour les petites installations<sup>7</sup>.

Fin 2022, la capacité mondiale de production s'établissait à 716 GW. Actuellement, le marché du photovoltaïque se caractérise par des surcapacités parfois importantes, dont l'ampleur varie selon l'étape concernée de la chaîne de création de valeur. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) estime qu'en 2022, 400 GW seulement sur les 716 GW disponibles ont été exploités et que des lignes de production vieillissantes et moins rentables ont été mises à l'arrêt.

## 4 Chaîne de création de valeur et chaîne d'approvisionnement du photovoltaïque

Deux technologies principalement sont présentes sur les marchés mondiaux du photovoltaïque et dans les chaînes d'approvisionnement : (1) les modules en silicium cristallin (c-Si), qui représentent plus de 95 % de la production mondiale, et (2) les modules à couche mince. La chaîne de création de valeur du photovoltaïque (Figure 2) se compose d'une partie en amont (upstream), qui concerne la production des composants technologiques, et d'une partie en aval (downstream), dans laquelle la création de valeur se répartit entre la conception, la planification et la réalisation des installations, et l'utilisation de l'électricité d'origine photovoltaïque. La part de création de valeur résiduelle en Suisse est comprise entre 38 et 60 %<sup>8</sup>, et une création de valeur locale plus élevée peut être atteinte pour les grandes installations. Au niveau mondial, environ un tiers de la création de valeur a lieu en aval. En 2021, le secteur du photovoltaïque en Suisse<sup>9</sup> représentait environ 10 000 emplois à temps plein et a généré une valeur ajoutée de 1,13 milliard de francs, pour un marché de 682 MW. Ces chiffres sont aujourd'hui bien plus élevés. D'après les indications de l'organisation faîtière de la branche Swissolar, les modules photovoltaïques produits en Suisse représentent environ 12 % de la puissance installée, exprimée en mégawatts. En 2013, cette part avoisinait 8 %<sup>10</sup>.

<sup>7</sup> D'après l'étude Observation des prix de marché photovoltaïque 2022 de l'OFEN, la part que représentent les modules dans les coûts d'une installation PV en Suisse se situe entre 28 % (plage de puissance 30-100 kW) et 35 % (plage de puissance 100-300 kW).

<sup>8</sup> Université des sciences appliquées de Zurich (ZHAW) (2017): *Wertschöpfung von Photovoltaik-Anlagen. Erstellung eines Wertschöpfungsrechners für PV-Anlagen* (en allemand uniquement).

<sup>9</sup> Agence internationale de l'énergie (AIE), PVPS (2021) : *National Survey Report of PV Power Applications in Switzerland* (en anglais uniquement).

<sup>10</sup> Swissolar (2023), rapport annuel 2013 et rapport final Statistiques de l'énergie solaire - Année de référence 2022 ([swissolar.ch](https://www.swissolar.ch)).

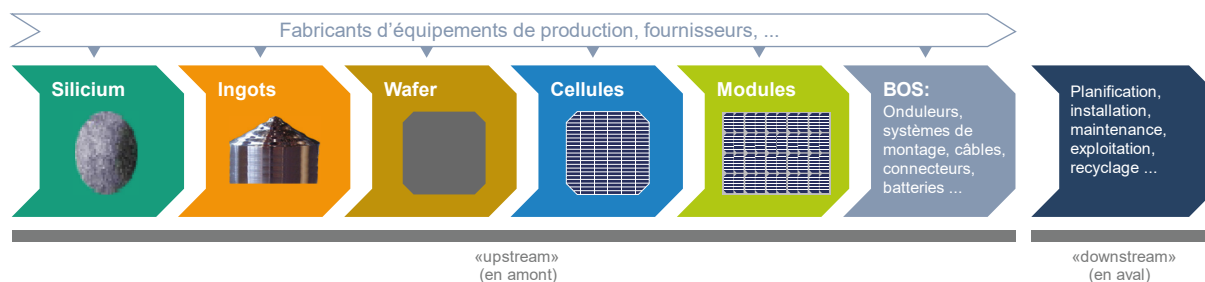


Figure 2 : Chaîne de valeur du PV (technologie du silicium cristallin)

Le processus de fabrication des modules en silicium cristallin comprend plusieurs étapes : extraction et production du silicium (polysilicium, Si), fabrication des lingots et des wafers, confection des cellules et des modules. Le matériau de départ est le polysilicium (ou silicium polycristallin). Il est obtenu à partir de silicium métal et doit posséder un certain niveau de pureté. Les différentes étapes de la production du polysilicium sont relativement énergivores et l'équipement nécessaire représente les coûts d'investissement les plus élevés de toute la chaîne de production photovoltaïque. Les lingots cylindriques de silicium monocristallin sont découpés en fines tranches (wafers) au moyen d'une scie à fil diamant multiple. La technologie requise a été développée en Suisse. Les wafers sont ensuite transformés en cellules solaires dans le cadre d'une multitude d'étapes (procédés par chimie humide, procédés de diffusion thermique, procédés sous vide, procédés sous pression, etc.). Les cellules sont ensuite assemblées pour former les modules PV.

Des améliorations continues sont apportées à toutes les étapes de la chaîne de création de valeur. Le rendement est un facteur décisif, car dans le cadre de coûts de production fixes, il influence directement les coûts de revient de l'électricité d'origine photovoltaïque. Au cours des dernières décennies, le rendement a augmenté d'environ 0,5 % par an (en pourcentage absolu)<sup>11</sup>, notamment grâce aux travaux d'innovation menés en Europe, y compris en Suisse. Outre le rendement, le fait de réduire la consommation des ressources (p. ex. l'argent métal) constitue aussi un enjeu majeur. Les autres facteurs de coûts sont plutôt constants.

Outre des cellules solaires, on trouve aussi dans un module du verre, des films d'encapsulation transparents, des feuilles arrière, le cas échéant de l'aluminium pour le cadre du module, des boîtes de jonction et des connecteurs. La garantie produit et la garantie de puissance sont constamment améliorées ; aujourd'hui, elles sont respectivement de 10 ans et de 25 ans. L'efficacité moyenne des modules PV disponibles sur le marché est passée de 15 % à plus de 20 % au cours des dix dernières années.

Parmi les gros fabricants de modules solaires, beaucoup sont « intégrés verticalement », c'est-à-dire qu'ils sont en mesure de produire eux-mêmes l'ensemble des composants du module, y compris des lingots et les wafers. Les petits fabricants sont dépendants de chaînes d'approvisionnement, par exemple pour les cellules solaires, le verre et les films polymères. On estime entre 35 % à 50 % le coût des matériaux dans le coût total des modules PV. La proportion de matériaux entrant en ligne de compte est relativement réduite : le polysilicium et l'argent représentent les deux tiers des matériaux utilisés. L'argent, en particulier, constitue un facteur de coûts critique dans la fabrication des modules PV. Des approches innovantes sont à l'étude en Suisse afin de réduire la proportion d'argent dans les modules.

Au cours des dernières décennies, la capacité mondiale de production de modules PV s'est déplacée de l'Europe, du Japon et des États-Unis vers la Chine (Figure 4). Ce changement s'est produit rapidement, puisque la part de la Chine dans la production mondiale est passée de 14 % en 2006 à 60 % en 2013. Aujourd'hui, elle est supérieure à 80 % à toutes les étapes de la chaîne de création de

<sup>11</sup> Le rendement des cellules solaires produites actuellement est compris entre 22 et 25 %.

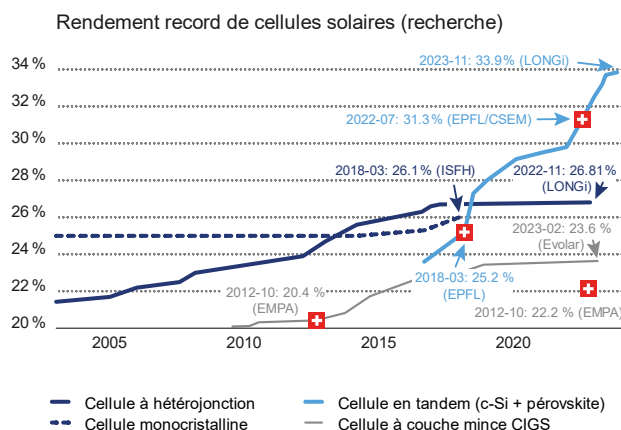


Figure 3 : Rendement record de cellules solaires dans la recherche (source des données : National Renewable Energy Laboratory [NREL]) et contributions des acteurs de la recherche suisse. De nombreuses années, voire plusieurs décennies, sont nécessaires pour mettre en œuvre au niveau industriel une nouvelle technologie de cellules.

valeur (polysilicium, lingots, wafers, cellules et modules)<sup>12</sup>. La dépendance vis-à-vis de la Chine est particulièrement marquée pour la production des lingots et wafers (97 %). Concernant les cellules, la production se déroule presque exclusivement en Asie, tandis que la production des modules est un peu mieux répartie géographiquement<sup>13</sup>.

Le commerce international de produits photovoltaïques a été multiplié par quatre au cours des dix dernières années et a atteint 40 milliards USD en 2021. La même année, l'Europe, les États-Unis et l'Inde ont enregistré un déficit commercial global supérieur à 20 milliards USD. Depuis 2011, grâce à une politique industrielle active et alors que le photovoltaïque avait été identifié comme un secteur stratégique pour le pays, la Chine a investi plus de 50 milliards USD dans de nouvelles capacités de production PV (soit dix fois plus que l'Europe) et 300 000 emplois ont été créés. Cela a contribué de manière déterminante à la réduction massive des coûts. En Chine et dans l'Asie du Sud-Est, le photovoltaïque représente une part considérable de la balance commerciale (de l'ordre de 6 % pour la Chine). Le fait que l'exportation de modules PV représente une part élevée du commerce extérieur chinois montre qu'il est essentiel pour la Chine d'exporter ses modules PV. Le secteur des installations de production des produits photovoltaïques a, lui aussi, fortement évolué. En 2008, 10 fabricants en Allemagne, aux États-Unis, en Suisse et au Japon se partageaient 90 % du marché (Figure 8). Aujourd'hui, ce marché est, là encore, dominé par la Chine<sup>14</sup>.

Une concentration purement géographique dans certains pays, certaines régions, certains sites de production ou certaines entreprises rend la chaîne d'approvisionnement vulnérable aux décisions politiques, catastrophes naturelles, pandémies, défaillances techniques ou mauvaises décisions isolées. À l'inverse, une concentration permet des économies d'échelle et le développement d'un cluster, et donc une réduction des coûts de production. Pour atteindre les objectifs climatiques, la chaîne d'approvisionnement photovoltaïque doit être développée en fonction de l'évolution de la demande. Ainsi, il faudrait que la production de polysilicium soit triplée d'ici à 2030. La dépendance à certaines ressources telles que l'argent constitue également un facteur critique. Par ailleurs, le risque de faillite est estimé comme moyen à élevé pour un tiers de la capacité de production PV. Les mesures commerciales représentent un autre risque pour la chaîne d'approvisionnement photovoltaïque. Au cours des dix dernières années, une vingtaine de droits de douane et taxes à l'importation ont été créés. Ainsi, outre la protection de l'industrie indigène, des aspects écologiques et sociaux doivent être pris en compte<sup>15</sup>.

<sup>12</sup> AIE (2022) : *Special Report on Solar PV Global Supply Chains*. [www.iea.org](http://www.iea.org) > Reports > Solar PV Global Supply Chains. Page consultée le 21 décembre 2023.

<sup>13</sup> Aujourd'hui, 38 pays dans le monde possèdent une capacité importante de production de modules PV, dont 19 une capacité supérieure à 1 GW. Cette production est souvent axée sur les besoins des marchés nationaux, et elle est fortement dépendante de l'approvisionnement de cellules en provenance de Chine.

<sup>14</sup> Au regard des efforts déployés par les États-Unis et l'Europe pour mettre en place une production photovoltaïque verticalement intégrée, l'administration chinoise a récemment envisagé de limiter, voire de stopper, l'exportation de technologies clés pour la fabrication de wafers et la production de lingots en silicium.

<sup>15</sup> En 2021, les États-Unis ont adopté un *Withhold Release Order* (ordonnance de refus de mainlevée) sur les produits en silicium fabriqués par l'entreprise chinoise Hoshine. L'importation de modules solaires contenant des matériaux Hoshine est donc interdite. D'après le ministère



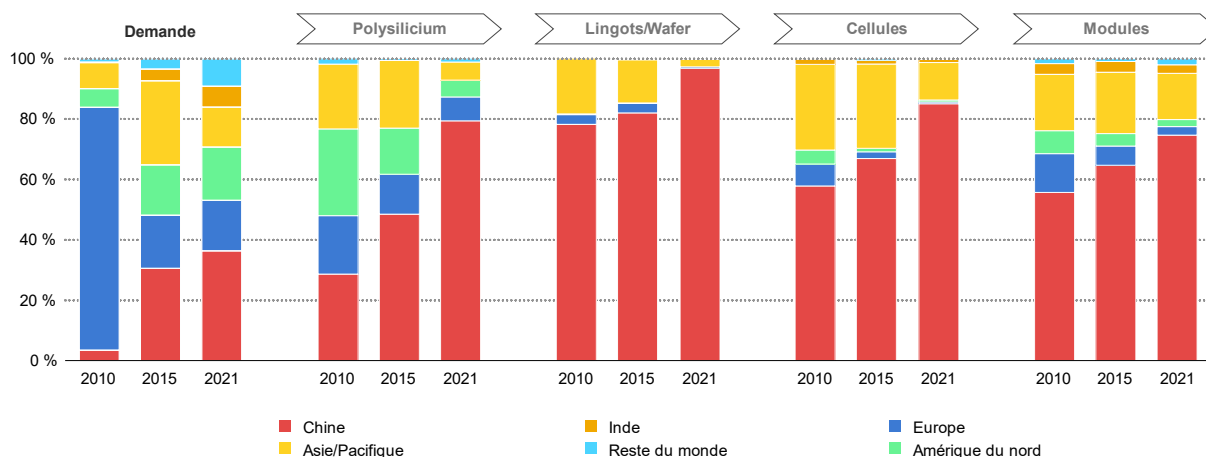


Figure 4 : À gauche, évolution de la demande en produits photovoltaïques. À droite, évolution des chaînes d'approvisionnement (source : AIE).

L'Europe est un gros importateur de produits photovoltaïques. En 2023, des modules PV chinois d'une valeur marchande estimée à sept milliards d'euros et d'une capacité de 40 GW, ce qui correspondait à la puissance installée dans l'ensemble de l'Europe en 2022, s'empilaient dans les entrepôts européens. Entre 2021 et 2022, les importations de modules PV chinois ont augmenté de 112 % pour atteindre 87 GW. Malgré le niveau élevé des stocks début 2023, les importations ont continué à augmenter au cours de l'année, pour atteindre un probable record de 120 GW fin 2023, soit le double de la nouvelle puissance installée en Europe au même moment. La même année, l'offre excédentaire massive a conduit à une chute de 40 %, voire plus, des prix des modules PV en Europe, avec des valeurs basses records autour de 0,15 USD/W<sup>16</sup>.

D'après le European Solar Manufacturing Council (ESMC), en 2023, les fabricants européens ont réduit, parfois même interrompu, leur production de modules PV en raison de l'importante chute des prix, et suspendu la mise en œuvre de projets d'extension de la capacité de production<sup>17</sup>. Concernant la Suisse, d'après les statistiques des importations de l'Office fédéral de la douane et de la sécurité des frontières, la part des panneaux solaires importés de Chine s'élevait à près de 53 % en 2022. Et les modules importés d'autres pays sont composés de cellules, de verre et d'autres composants provenant de Chine, ce qui place en réalité la Suisse dans une dépendance similaire à celle du reste de l'Europe.

Outre cette dépendance de la production européenne à l'égard des produits finis ou intermédiaires, une forte dépendance se fait jour également dans le domaine des installations de production, des composants, et des matériaux. Il est difficile d'évaluer à quelle vitesse la dépendance de l'Europe vis-à-vis de la Chine pour ce qui est de la production de modules PV pourrait être réduite si la Chine prenait des mesures représentant des entraves au commerce. En cas de problèmes récurrents affectant les chaînes d'approvisionnement, on peut considérer que les entreprises seront incitées à développer la production de modules PV également en dehors de la Chine, afin de tirer parti des prix plus élevés lors des ruptures d'approvisionnement.

américain de l'Énergie, cette mesure a permis de faire baisser les importations de modules PV chinois de 7 GW (chiffre de 2022). Depuis 2013, un droit antidumping de 75,4 % et un droit compensateur de 17,1 % s'appliquent au sein de l'UE pour les importateurs de verre solaire en provenance de Chine, ce qui tire vers le haut les coûts des modules PV pour les fabricants européens.

<sup>16</sup> D'après le European Solar Manufacturing Council (ESMC), les prix des modules 2023 ne sont pas viables sous l'angle d'une industrie photovoltaïque mondiale, et ils ne permettraient pas aux fabricants européens de couvrir leurs coûts de production. Et des analyses des rapports financiers de gros fabricants chinois laissent penser que cela serait le cas aussi pour les fabricants chinois subventionnés par l'État.

<sup>17</sup> Entre janvier et août 2023, la production européenne de modules PV s'est établie à 1000 MW seulement, dont 420 MW ont été mis en stock en raison des mauvaises perspectives de vente. En moyenne, les capacités de production ont été utilisées à hauteur de 35 %.

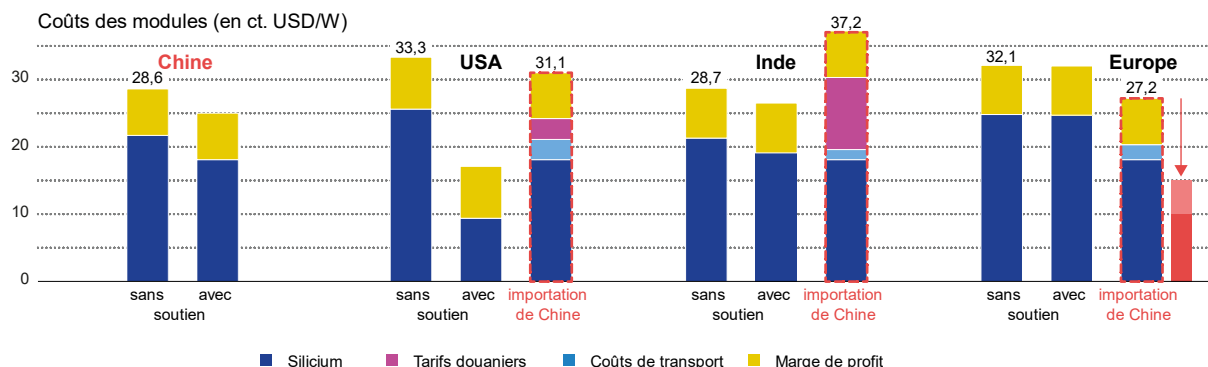


Figure 5 : Coûts des modules PV avec et sans soutien étatique (graphique : McKinsey & Company 2022). Les prix des modules PV en Europe ont nettement reculé depuis l'été 2023, pour atteindre 0,15 EUR/W, voire moins (colonne rouge).

## 5 Politique industrielle de la Chine, des États-Unis et de l'Inde dans le domaine photovoltaïque

Ces dernières années, le marché de la fabrication de composants photovoltaïques a connu d'importants changements dans différentes régions du monde. Aujourd'hui, on constate de grandes différences structurelles entre la Chine, les États-Unis, l'Inde et l'Europe.

La Chine a mis en service sa première ligne de production, d'une capacité de 10 MW, en 2002. Et elle a exporté ses premières cellules solaires vers l'Europe en 2004. À l'époque, la création de nouvelles entreprises chinoises actives dans le domaine photovoltaïque résultait d'initiatives individuelles, les entreprises étaient fortement tournées vers les exportations et elles profitaient des subventions accordées au photovoltaïque en Europe. L'encouragement du photovoltaïque en Chine était alors régional. Après la crise financière de 2008, l'industrie photovoltaïque chinoise, dépendante des exportations, a fait face à un important recul de la demande de l'étranger, et le gouvernement central chinois a souhaité la soutenir en créant des marchés solaires nationaux. Le développement de l'industrie photovoltaïque a été inscrit en tant qu'objectif stratégique dans le 12<sup>e</sup> Plan quinquennal chinois (2011-2015). En 2012, pour la première fois, l'importance du marché photovoltaïque national était telle que la Chine a exporté moins de produits PV qu'elle n'en a utilisés sur son territoire. À partir de 2015, l'État a tenté de réduire les subventions et de mieux maîtriser la problématique des surcapacités. Le gouvernement central a aussi fortement encouragé les technologies innovantes au moyen d'initiatives telles que le « Top Runner Program ». Les entreprises chinoises actives dans le domaine photovoltaïque se sont alors distinguées par leur capacité à produire en masse des cellules basées sur de nouvelles technologies.

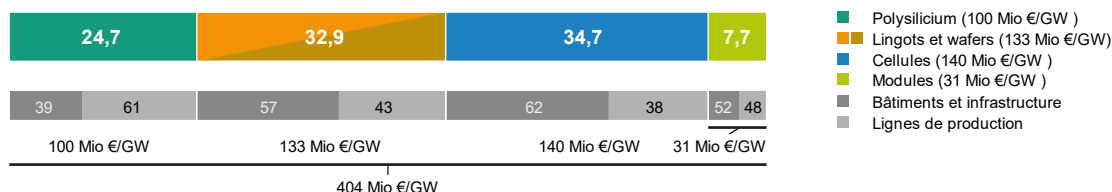
Concernant les États-Unis, avec l'adoption de l'« Inflation Reduction Act » (IRA)<sup>18</sup> par le Congrès en 2022, les coûts de la production photovoltaïque américaine sont devenus en peu de temps parmi les plus bas au monde. Jusqu'en 2030, les subventions directes accordées à la production PV seront comprises entre 0,12 et 0,2 USD/W, et elles couvriront une grande partie des coûts de production. Parallèlement, de nouveaux droits de douane à l'importation sur les cellules et modules solaires produits en Chine ont été créés. Sans oublier que des interdictions à l'importation s'appliquent déjà pour les produits chinois dont on suppose qu'ils sont issus du travail forcé. L'incitation fiscale à long terme pour les composants fabriqués aux États-Unis, inscrite dans l'IRA, joue un rôle majeur car elle dope la production nationale. D'après des informations de la SEIA, l'association de l'industrie solaire américaine, un an après l'entrée en vigueur de l'IRA, une augmentation de la capacité de production photovoltaïque

<sup>18</sup> L'Inflation Reduction Act (IRA) de 2022 est une des trois lois américaines adoptées depuis 2021 ayant pour objectif d'améliorer la compétitivité de l'économie américaine, l'innovation et la productivité industrielle. Elle accorde près de 400 milliards USD aux technologies énergétiques propres afin de réduire sensiblement les émissions de gaz à effet de serre des États-Unis d'ici la fin de la décennie. Les fonds mis à disposition sont un mix d'incitations fiscales, de subventions et de garanties de crédit, et la plus grande partie revient à la production d'électricité non fossile.

(a) Répartition des **coûts all-in** pour une production intégrée en Europe (26 ct. EUR/W)



(b) Répartition du volume d'investissement (**CAPEX**) pour une production intégrée en Europe



(c) Répartition des coûts opérationnels (**OPEX**) pour une production intégrée en Europe

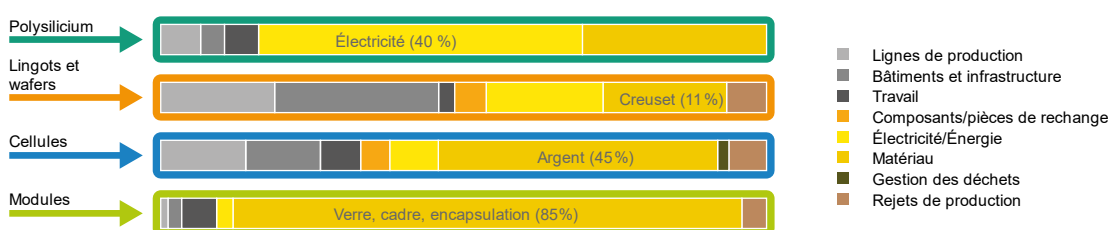


Figure 6 : Coûts de la production photovoltaïque en Europe (source : A. Bett, Fraunhofer ISE)

de 155 GW était annoncée<sup>19</sup>. Et selon les prévisions, son développement sera 48 % plus élevé avec l'IRA que sans celui-ci.

De son côté, le gouvernement indien a fait de la sécurité de la chaîne d'approvisionnement photovoltaïque une priorité politique majeure ces dernières années, avec pour objectifs de réduire la dépendance excessive du pays à l'égard de la production chinoise et d'encourager les investissements et les possibilités d'emploi au niveau national<sup>20</sup>. L'Inde mise sur la création de droits de douane à l'importation et sur des appels d'offres échelonnés qui favorisent une production indigène. Depuis 2022, les droits de douane à l'importation sont de 40 % sur les modules PV et de 25 % sur les cellules solaires. Le gouvernement indien soutient également la création d'une production nationale au moyen d'un programme de subvention qui se chiffre en milliards<sup>21</sup>.

## 6 Relance de l'industrie solaire européenne

L'ESMC estimait les capacités annuelles de production en Europe pour l'année 2022 à 23 GW pour le polysilicium, à 1,7 GW pour les lingots et les wafers, à 1,4 GW pour les cellules, et à 9,4 GW pour les modules. Quant aux onduleurs, la capacité de production est plus importante, de près de 70 GW.

Les coûts de production d'un module PV produit intégralement en Europe se situent autour de 0,26 EUR/W<sup>22</sup>. Des technologies innovantes telles que les cellules avec contact uniquement en face arrière pourraient permettre de réduire encore les coûts (diminution sensible de la quantité d'argent utilisée, plus grande efficacité). Concernant les coûts opérationnels, ce sont surtout les coûts de l'électricité consommée pour la production du polysilicium et les coûts des matériaux aux étapes suivantes de la chaîne de création de valeur qui pèsent lourd. En raison d'un degré d'automatisation élevé, les coûts du travail sont comparativement faibles. Un système local de chaînes d'approvisionnement et des unités de production harmonisées constituent également des facteurs

<sup>19</sup> Solar Energy Industries Association (SEIA) : [www.seia.org](http://www.seia.org) > Impact of the Inflation Reduction Act.

<sup>20</sup> Climate Energy Finance (2023) : *Solar pivot : A massive global solar boom is disrupting energy markets and speeding the transition*.

<sup>21</sup> L'Inde projette de créer, d'ici à 2026, des capacités de production à hauteur de 38 GW pour le polysilicium, de 56 GW pour les lingots et les wafers, de 59 GW pour les cellules et de 110 GW pour les modules PV.

<sup>22</sup> Chiffres du Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE (se rapportant à la technologie PERC – Passivated Emitter and Rear Cell –, actuellement courante).

décisifs de coûts de production bas, de même qu'un partage des connaissances entre les employés lors de changements de personnel<sup>23</sup>.

Au cours des dix dernières années, l'intensité des émissions lors de la fabrication PV a baissé de près de 45 %, notamment grâce à l'amélioration de l'efficacité des matériaux dans le cadre de la production du polysilicium. Les travaux de recherche et d'innovation contribuent, eux aussi, à faire baisser les émissions spécifiques de CO<sub>2</sub> pour chaque kilowatt de puissance PV. Par ailleurs, une production verticalement intégrée en dehors de la Chine permettrait de réduire encore fortement les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la fabrication en fonction du site. Celles liées au transport sont moins déterminantes.

Comparé à d'autres technologies visant à exploiter les énergies renouvelables, le photovoltaïque emploie un grand nombre de personnes. La plupart travaillent dans la planification et la construction d'installations solaires. Les postes dans la production sont moins nombreux, mais ils peuvent influencer positivement le développement économique local au-delà de la branche solaire. D'après les estimations de l'AIE, en 2021, 600 000 personnes dans le monde travaillaient dans le secteur de la production PV, dont 44 % dans la production des modules et 32 % dans la production des cellules. Dans le cadre d'un développement du photovoltaïque selon le scénario « Zéro net » de l'AIE, le nombre d'emplois devra au moins doubler dans la décennie à venir<sup>24</sup>.

En 2022, dans le sillage de la guerre en Ukraine, l'UE a lancé son plan « REPowerEU »<sup>25</sup>. Celui-ci doit permettre de réduire la dépendance à l'égard des livraisons d'énergies fossiles russes, de soutenir la transition vers un approvisionnement énergétique propre, et d'accélérer la réalisation des objectifs de la politique climatique. Ce plan comprend une « Stratégie de l'UE pour l'énergie solaire »<sup>26</sup>, qui prévoit une augmentation importante de la production d'électricité photovoltaïque (750 GW d'ici à 2030) ainsi qu'une production accrue de composants PV sur le sol européen. Début 2023, la Commission européenne a lancé le « Plan industriel du pacte vert » en réponse à l'IRA américain. Celui-ci s'appuie sur le pacte vert pour l'Europe et sur le plan REPowerEU et il doit permettre de renforcer la compétitivité de l'industrie européenne au moyen de différentes mesures. Il vise notamment à simplifier l'environnement réglementaire (Règlement pour une industrie « zéro net »)<sup>27</sup>. Il doit également offrir un meilleur accès aux financements destinés au développement de technologies propres en Europe.

L'encadrement temporaire de crise et de transition offre un cadre, limité dans le temps, pour octroyer des aides d'État dans des cas exceptionnels. Pour que ces aides soient accordées, il doit exister un risque réel de transfert des investissements hors d'Europe. Un soutien doit pouvoir être accordé lorsqu'il est attesté que le bénéficiaire a la possibilité de recevoir un investissement équivalent bénéficie d'un soutien dans un pays tiers situé en dehors de l'espace économique européen. Le Fonds européen pour l'innovation est consacré à la démonstration de technologies innovantes pour des projets à grande échelle<sup>28</sup>.

<sup>23</sup> En Chine, le taux de rotation annuel chez les employés de la production photovoltaïque se situe autour de 50 %, dans le domaine de la R-D, il est d'environ 30 % (source : Pietro Peter Altermatt, Trina Solar, 2023).

<sup>24</sup> En fonction du degré d'automatisation et dans le cadre d'une production intégrée verticalement, un gigawatt de capacité photovoltaïque représente entre 1000 et 1300 emplois.

<sup>25</sup> Commission européenne (2022) : REPowerEU : Un plan visant à réduire rapidement la dépendance à l'égard des combustibles fossiles russes et à accélérer la transition écologique.

<sup>26</sup> Commission européenne (2022) : communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions. Stratégie de l'UE pour l'énergie solaire.

<sup>27</sup> La proposition de règlement pour une industrie « zéro net » publiée par la Commission européenne en 2023 prévoit la création, en Europe, d'une part importante des capacités de production de technologies essentielles à la réalisation des objectifs énergétiques et climatiques. Cette proposition est actuellement engagée dans le processus législatif européen.

<sup>28</sup> L'agrandissement de l'usine « 3Sun » de l'entreprise italienne ENEL Green Power, spécialisée dans la production de modules bifaciaux à hétérojonction, a ainsi bénéficié d'un soutien à hauteur de 118 millions EUR.

Tableau 1 : Annonces d'entreprises européennes concernant l'évolution possible des capacités de production en Europe, au total : env. 20 GW (source : Fraunhofer ISE, Intersolar Europe 2022, McKinsey & Company 2022). Dans le contexte de la chute des prix sur le marché européen en 2023, l'entreprise norvégienne NorSun avait annoncé qu'elle stoppait provisoirement sa production, et l'entreprise Norwegian Crystals a été contrainte de déposer le bilan en août 2023.

	Polysilicium		Lingots/wafers		Cellules		Modules	
	2022	2025	2022	2025	2022	2025	2022	2025
Part sur le marché mondial (%)	11	12	1	4	<1	4	3	5
Total (GW)	~30		~15 à 20		~20		~20	
CAPEX (millions EUR)	~3000		~2000 à 2700		~2800		~620	
CAPEX (millions EUR/GW)	~100		~133		~140		~31	

En outre, les projets importants d'intérêt européen commun (PIIEC) font office d'instruments de politique industrielle destinés à soutenir les investissements privés dans la collaboration européenne, sans contrevenir aux règles en vigueur au sein du marché intérieur européen ni aux règles en matière d'aides d'État. À ce jour, des PIIEC ont été lancés dans les domaines des batteries et de l'hydrogène. Et l'ESMC a commencé les travaux préparatoires en vue d'un PIIEC dans le domaine du photovoltaïque<sup>29</sup>.

En 2022, la Commission européenne a annoncé la création d'une alliance européenne de l'industrie solaire photovoltaïque dans l'objectif d'atteindre, d'ici à 2025, une capacité annuelle de production de 30 GW sur l'ensemble de la chaîne de création de valeur photovoltaïque en Europe<sup>30</sup>. L'industrie photovoltaïque emploie actuellement 350 000 personnes. Ce nombre devra doubler d'ici à 2030. Comparée aux capacités de production mondiales, l'industrie photovoltaïque européenne possède aujourd'hui des capacités très réduites. Qui plus est, la forte chute des prix des modules PV en Europe au cours de l'année 2023, avec des prix parmi les plus bas jamais enregistrés, remet en question la réalisation de ces objectifs<sup>31</sup>.

En 2023, le ministère fédéral allemand de l'Économie et de la Protection du Climat (BMWK) a publié un document de stratégie intitulé « Industriepolitik in der Zeitenwende » (La politique industrielle face au tournant historique)<sup>32</sup>. Celui-ci s'appuie sur des échanges entre les parties prenantes portant sur une stratégie de politique industrielle pour les énergies renouvelables et les réseaux électriques<sup>33</sup>. Les possibilités d'action identifiées pour le photovoltaïque sont les suivantes : (1) introduction de critères d'appels d'offres relatifs à la qualité, (2) disponibilité de capitaux pour investir dans de nouvelles capacités de production photovoltaïques, (3) baisse des coûts de l'énergie et (4) création d'un PIIEC pour la branche photovoltaïque. Des entreprises suisses ont participé à ces discussions. En 2023, la BSW a présenté une proposition concrète<sup>34</sup> sur la manière dont les coûts supplémentaires liés à l'utilisation de la technologie photovoltaïque produite en Europe pourraient être compensés sur une durée limitée au moyen de bonus et d'enchères de résilience dans le cadre de la loi allemande sur les énergies renouvelables (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG). Pour les petites installations PV (jusqu'à 1 MW), les coûts supplémentaires seraient compensés grâce à un bonus sur les rémunérations prévues dans l'EEG. Ce soutien supplémentaire serait dégressif et diminuerait au fur et à mesure que l'écart de coûts avec les produits en provenance de Chine s'amenuiserait. Concernant les installations de plus grande taille (plus de 1 MW), des enchères de résilience ont été proposées : celles-ci seraient ouvertes uniquement pour les projets comportant une part minimale de création de valeur européenne.

<sup>29</sup> ESMC (2022) : *Press release : IPCEI for PV launched in Brussels – EU Member States are invited to join the framework*. 23 mai 2022.

<sup>30</sup> Communiqué de presse de l'UE : *La Commission lance les travaux pour une alliance européenne de l'industrie solaire photovoltaïque*, 11 octobre 2022.

<sup>31</sup> SolarPower Europe (2023) : *Record-low solar PV prices risk EU's open strategic autonomy*. <https://www.solarpowereurope.org/> > Press releases. Page consultée le 3 janvier 2024.

<sup>32</sup> Ministère fédéral de l'Économie et de la Protection du Climat (BMWK) (2023) : *Industriepolitik in der Zeitenwende. Industriestandort sichern, Wohlstand erneuern, Wirtschaftssicherheit stärken* (en allemand uniquement)

<sup>33</sup> Ministère fédéral de l'Économie et de la Protection du Climat (BMWK) (2023) : *Entwurf einer industriepolitischen Strategie für erneuerbare Energien und Stromnetze. Rapport final : Erkenntnisse aus dem Stakeholderdialog industrielle Produktionskapazitäten für die Energiewende (StiPE)* (en allemand uniquement)

<sup>34</sup> BSW (2023) : *Prise de position « Stellungnahme des BSW – Bundesverbandes Solarwirtschaft zur öffentlichen Anhörung des Ausschusses für Klimaschutz und Energie am 15.11.2023 zum Gesetzentwurf zur Umsetzung des Solarpakets I »* (en allemand uniquement)

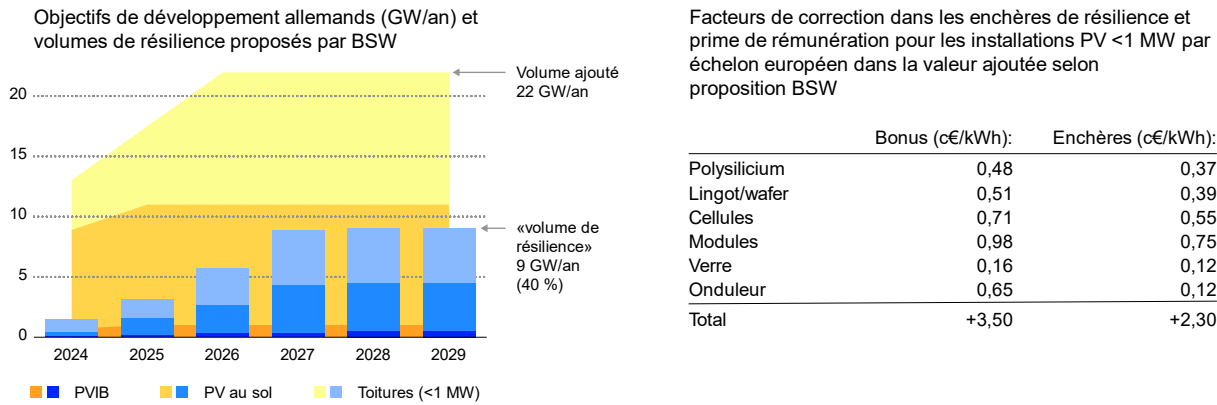


Figure 7 : Proposition de l'Association allemande pour l'énergie solaire (Bundesverband für Solarwirtschaft, BSW) concernant l'instauration de bonus de résilience pour les installations PV fournissant jusqu'à 1 MW et d'enchères de résilience pour les installations de plus grande puissance.

La BSW estime qu'une telle démarche de soutien à l'industrie solaire européenne correspondrait à la logique des lois en vigueur et serait conforme à la législation européenne en matière d'aides d'État. Elle poursuivrait en outre les objectifs du règlement européen pour une industrie « zéro net ». Les coûts supplémentaires associés sont estimés à 500 millions EUR par an, au maximum, à partir de 2029.

Aucune évaluation indépendante n'a été menée sur les coûts supplémentaires, pour les consommateurs et les entreprises, en cas d'achat de modules PV européens plutôt que de modules PV chinois. Le fait de privilégier des modules PV de provenance autre que la Chine doit être considéré comme du protectionnisme et ne serait pas compatible avec les principes de la politique étrangère de la Suisse en matière économique.

## 7 Contributions de la Suisse

Les activités menées en Suisse, ou par des entreprises suisses en Suisse ou à l'étranger, ont contribué de manière importante au développement mondial du photovoltaïque. Elles ne sont pas étrangères au fait que l'Europe possède encore une industrie photovoltaïque, qui pourrait par ailleurs être développée. Par le passé, une multitude d'innovations à différentes étapes de la chaîne de création de valeur photovoltaïque ont trouvé leurs racines en Suisse. Ces innovations sont le résultat d'une coopération étroite entre l'industrie et les hautes écoles. On mentionnera la collaboration étroite entre l'antenne neuchâteloise de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), le Centre Suisse d'Électronique et de Microtechnique (CSEM) et l'entreprise Meyer Burger SA dans le domaine de la technologie des cellules et des modules. Meyer Burger SA participe financièrement aux travaux. De nombreux projets bénéficient également du soutien des pouvoirs publics (UE, OFEN, Innosuisse).

Comme cela est indiqué dans le rapport « Recherche et innovation dans le domaine de l'énergie photovoltaïque en Suisse – évolutions actuelles et mesures d'encouragement de la Confédération » du Conseil fédéral en date de 2016, par rapport à la taille du pays, la Suisse présente une grande diversité d'acteurs dans le domaine de la recherche en photovoltaïque. Les activités de recherche et de développement de qualité qui sont menées depuis des décennies dans les hautes écoles et certaines entreprises en forment la base, en combinaison avec un encouragement continu des projets par les



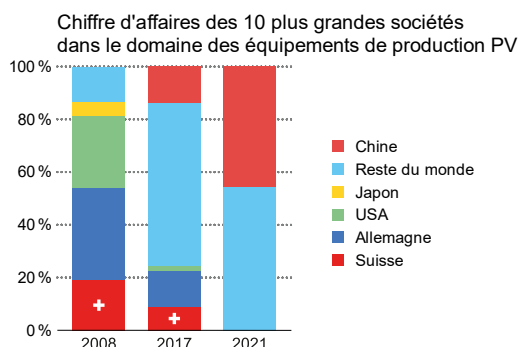


Figure 8 : À gauche, répartitions de fabricants d'équipements pour la production photovoltaïque. À droite, un exemple de la participation majeure de l'industrie suisse : scie à fil diamanté développée par l'entreprise suisse Meyer Burger SA et utilisée pour découper les blocs de silicium en tranches (wafers). Ces scies permettent de réduire fortement les pertes lors de la fabrication des wafers. Cette technologie est aujourd'hui un standard (source : AIE, photo : Meyer Burger SA).

pouvoirs publics dans le but de développer et de conserver les compétences. Des expériences précoces dans la réalisation d'installations pilotes et de démonstration ont aussi contribué à l'application des connaissances et des développements dans les produits industriels. La région de Neuchâtel, en particulier, est un pôle de recherche important. Les sites de l'EPFL et du CSEM emploient plus d'une centaine de personnes travaillant dans différents domaines thématiques, et l'entreprise Meyer Burger SA (Meyer Burger Research, Pasan) ainsi que plusieurs start-up mènent une importante activité industrielle.

En 2023, plus de cent projets de recherche soutenus par les pouvoirs publics ont été menés en Suisse dans le domaine du photovoltaïque<sup>35</sup>. Près de la moitié des fonds publics alloués à la recherche photovoltaïque soutiennent le développement des cellules solaires. L'intégration du photovoltaïque aux bâtiments et au réseau électrique constitue une autre priorité de la recherche. Les questions en lien avec le système (PV combiné au stockage ou à la mobilité) et les sujets axés sur la mise en œuvre (acceptation, agrivoltaïque) revêtent, elles aussi, une importance croissante. D'après la Statistique de la recherche énergétique de l'OFEN, entre 2015 et 2021, 37 millions de francs de fonds publics, en moyenne, ont été alloués chaque année à la recherche photovoltaïque, soit une part avoisinant 9 % de la totalité des moyens publics versés à la recherche énergétique en Suisse. La contribution des milieux économiques n'est pas prise en compte.

Concernant les fonds publics alloués sur une base concurrentielle, il convient de souligner l'importance de l'encouragement en lien avec des projets européens : aides directes de l'UE et contribution de Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation. Si l'on considère ces fonds de manière isolée, sans le domaine des EPF ni la contribution des cantons, la part des subventions accordées au titre de projets européens est supérieure à 48 %, celle de l'OFEN représente un peu moins de 20 %, celle d'Innosuisse 16 % et celle du Fonds national suisse (FNS) 15 %.

La R-D dans le domaine de l'intégration du photovoltaïque aux bâtiments occupe une place importante. Depuis de nombreuses années, la Suisse contribue de manière significative à cette R-D au niveau international, notamment au moyen d'installations pilotes et de démonstration<sup>36</sup>. De nombreuses entreprises en Suisse sont spécialisées dans l'intégration aux bâtiments avec des produits tels que des modules PV ou des tuiles solaires colorés.

<sup>35</sup> Données issues de banques de données publiques (CORDIS, FNS, ARAMIS).

<sup>36</sup> Ballif *et al.* (2018): *Integrated thinking for photovoltaics in buildings*. In : Nature Energy 3, pp. 438-442. Le site Internet <https://solararchitecture.ch> présente des exemples concrets de projets mis en œuvre ainsi que des références de bureaux prouvant la faisabilité et la qualité des bâtiments solaires en termes d'esthétique, de technologie de construction et de durabilité.



Figure 9 : Les acteurs suisses de la recherche et de l'industrie photovoltaïque (<https://pv.energyresearch.ch>).

La recherche photovoltaïque menée par les hautes écoles spécialisées revêt, elle aussi, une importance croissante. Les travaux portent sur des thèmes tels que l'intégration dans le réseau électrique, l'intégration aux bâtiments, l'analyse de la performance des installations PV ou encore l'assurance qualité. Et dans plusieurs hautes écoles spécialisées suisses, des chaires sont créées afin de renforcer la thématique du photovoltaïque. De nombreux acteurs suisses sont très bien intégrés dans les réseaux internationaux et leurs compétences sont mises à profit dans des projets nationaux transdisciplinaires et interdisciplinaires.

Une grande partie des activités de recherche photovoltaïque menées en Suisse s'inscrivent dans le contexte international, comme en témoigne le nombre élevé de projets relevant des programmes-cadres de l'UE pour la recherche et l'innovation : même si la Suisse n'a pas actuellement le statut de pays associé, les acteurs suisses sont bien représentés dans les appels d'offres dans le domaine du PV. Au cours des dernières années, la Suisse a ainsi répondu à dix appels d'offres par l'intermédiaire des réseaux de l'espace européen de la recherche (ERA-Net)<sup>37</sup>. Elle participe aussi au programme de recherche sur les systèmes de production d'électricité photovoltaïque (PVPS) de l'AIE, un programme international de recherche collaborative créé en 1993. Celui-ci rassemble des spécialistes issus d'États membres et non membres de l'OCDE ainsi que d'associations faîtières de l'industrie, qui collaborent dans le cadre de projets pluriannuels.

Un aperçu des acteurs suisses de l'industrie PV est disponible à la Figure 9 ainsi que sur le site Internet <https://pv.energyresearch.ch> > Acteurs. Ces acteurs sont présents sur une grande partie de la chaîne de création de valeur, avec une concentration assez forte dans les domaines de la technologie des

<sup>37</sup> Cf. site Internet [www.solar-era.net](http://www.solar-era.net).



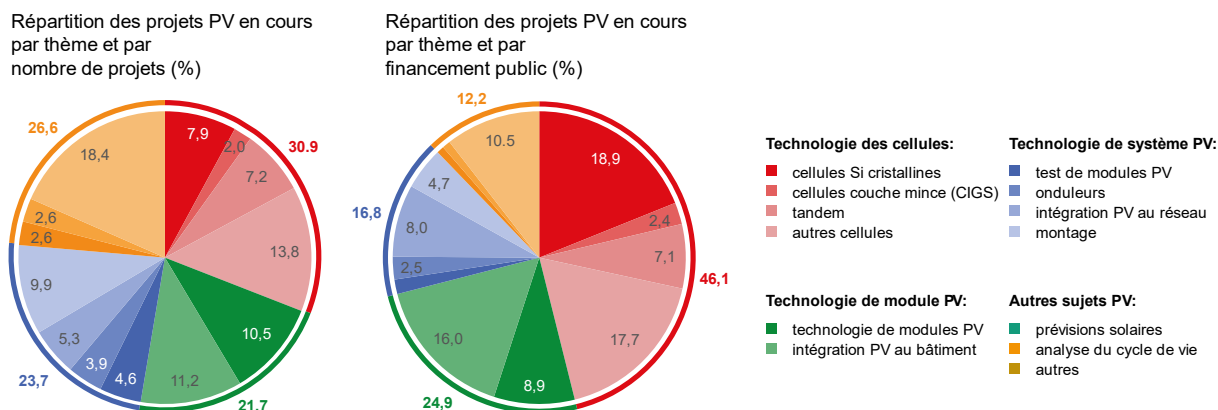


Figure 10 : À gauche, une centaine de projets de recherche dans le domaine photovoltaïque sont menés actuellement en Suisse, dans différents domaines thématiques.

modules (y c. l'intégration aux bâtiments), de la technologie des systèmes et des services, et de l'équipement et des composants.

Dans le cadre d'une relance de l'industrie solaire européenne, le groupe suisse Meyer Burger serait amené à jouer un rôle majeur car il est le seul d'Europe à produire des cellules solaires cristallines à l'échelle industrielle. L'entreprise a toutefois fortement réduit ses activités en Europe en raison des lourdes conséquences de la distorsion du marché européen en 2023 et de l'évolution négative de celui-ci. Le groupe souhaite recentrer ses activités aux États-Unis. En Suisse, Helion Energy SA a annoncé conclure un partenariat stratégique avec Meyer Burger afin de recourir davantage aux produits de Meyer Burger pour la réalisation de projets en Suisse.

L'entreprise Megasol, fondée en 1993, produit chaque année sur le site suisse de Deitingen des modules PV avec une capacité de 400 MW, destinés spécifiquement à une intégration dans les bâtiments<sup>38</sup>. Elle propose également un éventail de systèmes de montage. Une grande partie de la production est exportée, et l'entreprise est présente sur différents marchés européens. En 2022, Megasol a conclu un partenariat de distribution avec le groupe industriel français Saint-Gobain.

Depuis 2018, l'entreprise 3S Solar Plus de Thoun encourage la commercialisation de son système photovoltaïque « MegaSlate » pour l'intégration en toiture et en façade. Ce produit avait été mis sur le marché suisse au début des années 2000 et il rencontre un franc succès. Il est fabriqué sur les propres lignes de production de 3S Solar Plus, à Thoun même. En raison d'une forte demande, en 2023, l'entreprise a ouvert un autre site de production à Worb, près de Berne, où elle fabrique depuis 2024 la nouvelle technologie de module « TeraSlate ». Celle-ci se caractérise par plusieurs innovations telles que la taille de ses cellules, la plus grande disponible actuellement.

## 7.1 Réflexions concernant une production photovoltaïque intégrée verticalement en Suisse

L'augmentation de la production d'électricité d'origine photovoltaïque est déterminant pour la réalisation des objectifs de la loi fédérale relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables<sup>39</sup>. Fin 2022, la puissance photovoltaïque totale en Suisse s'élevait à 4,7 GW, avec une augmentation record de 1,1 GW sur l'année 2022. Et d'après les chiffres de Swissolar, l'augmentation en 2023 a à nouveau été forte, et elle s'est établie à 1,5 GW, ce qui se traduit par une production d'électricité d'origine photovoltaïque d'environ 6 TWh en 2024. En partant du principe que le

<sup>38</sup> Megasol exploite également un site de production en Chine.

<sup>39</sup> Production annuelle d'électricité issue d'énergies renouvelables, énergie hydraulique non comprise, de 35 TWh d'ici à 2035 et de 45 TWh d'ici à 2050 (art. 2, al. 1, de la loi sur l'énergie)

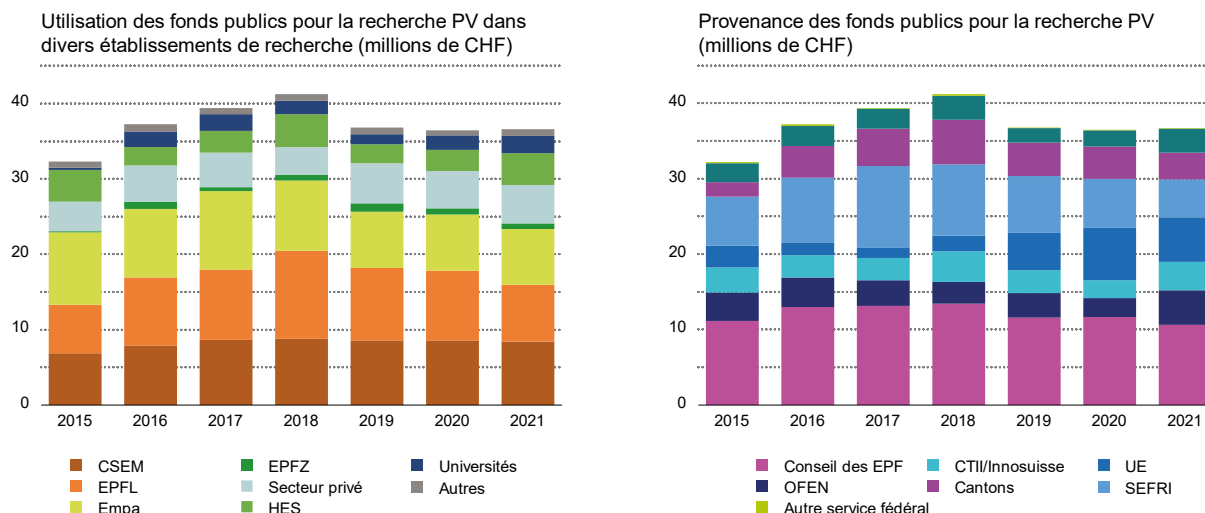


Figure 11 : Répartition des dépenses des hautes écoles et les bailleurs de fonds privés et publics dans la recherche photovoltaïque.

photovoltaïque apportera la contribution la plus importante à l'atteinte de la valeur cible fixée pour 2035, il faudra que la puissance PV augmente en moyenne de 2,5 à 3 GW par an sur les onze prochaines années. La Suisse n'est pas la seule à miser sur le développement de l'énergie solaire ; c'est le cas de toute l'Europe. Sans une industrie solaire européenne en mesure de fournir un minimum de technologie, comme cela est prévu dans le règlement pour une industrie « zéro net » de l'UE, ce développement continuera de reposer presque entièrement sur les importations. Il est difficile d'évaluer en combien de temps les importations de Chine pourraient être remplacées en cas de rupture d'approvisionnement ou d'entraves au commerce.

En 2023, les fabricants chinois ont vendu leurs modules PV sur le marché européen à des prix à peine supérieurs à 0,10 EUR/W. Cela a eu un effet positif sur le développement du photovoltaïque en Suisse car la technologie était disponible à un prix très abordable. La part des modules PV et des onduleurs dans le coût total des installations suisses se situe entre 30 % (pour les installations d'une puissance comprise entre 10 et 30 kW) et 42 % (puissance comprise entre 300 et 1000 kW)<sup>40</sup>. En Suisse, le photovoltaïque représente une part importante de la création de valeur locale<sup>41</sup>. Pour que la transformation du système énergétique soit réalisée de la manière la plus efficace possible en termes de coûts, il est judicieux d'acheter les produits PV là où ils sont les moins chers.

Accélérer le développement du photovoltaïque en Suisse permettra de renforcer l'approvisionnement électrique aussi en hiver, bien que ce soit en été que la contribution de celui-ci à la production d'électricité soit la plus importante. L'« offensive solaire » adoptée en 2022<sup>42</sup> a précisément pour vocation d'encourager la construction de grandes installations photovoltaïques en milieu alpin, plus chères que les installations construites en plaine, et ainsi de permettre d'augmenter de manière ciblée la contribution du photovoltaïque en hiver. La question se pose toutefois de savoir si la dépendance à l'égard de l'étranger, et en particulier de la Chine, constitue un risque pour la sécurité d'approvisionnement<sup>43</sup>. On relèvera à cet égard que la Suisse est tributaire du bon fonctionnement des chaînes d'approvisionnement du photovoltaïque, comme pour d'autres technologies de production dans le domaine des énergies (combustibles fossiles, matières fissiles dans le nucléaire). Des ruptures d'approvisionnement n'auraient

<sup>40</sup> Office fédéral de l'énergie (OFEN) (2023) : Observation des prix de marché photovoltaïque 2022.

<sup>41</sup> D'après Swissolar, en 2024, la planification et la construction d'installations PV en Suisse ont généré un chiffre d'affaires de 2,4 milliards CHF.

<sup>42</sup> Modification du 30 septembre 2022 de la loi sur l'énergie (Mesures urgentes visant à assurer rapidement l'approvisionnement en électricité pendant l'hiver, RO 2022 543)

<sup>43</sup> En 2021, le gouvernement américain avait adopté un *Executive Order* post-covid, visant à accroître la résilience des chaînes d'approvisionnement majeures pour le pays, en diversifiant et en renforçant la sécurité de celles-ci. Parmi les secteurs critiques, les auteurs du rapport concerné citent la fabrication des semi-conducteurs et l'emballage avancé, les batteries de haute performance, les minéraux et matériaux critiques, ainsi que les produits et les substances pharmaceutiques. L'énergie solaire avait été abordée en lien avec la technologie des semi-conducteurs. Cf. The White House (2021): *Building Resilient Supply Chains, Revitalizing American Manufacturing, and Fostering Broad-Based Growth. 100-Day Reviews under Executive Order 14017*, en anglais uniquement

guère d'impact économique à court terme<sup>44</sup>. Mais des goulets d'étranglement récurrents à moyen terme dans le domaine des modules PV pourraient entraîner des hausses de prix et inciter à développer une production plus diversifiée sur le plan géographique.

Un renforcement de la sécurité d'approvisionnement par le biais du développement des capacités de production indigènes serait par ailleurs extrêmement coûteux pour une économie ouverte sur l'extérieur et reposant sur un marché intérieur relativement petit. Si des restrictions à l'importation étaient imposées pour favoriser la production indigène, il faudrait s'attendre à ce que les prix des modules PV soient nettement plus élevés, ce qui freinerait le développement de l'énergie solaire en Suisse. De plus, si la Suisse introduisait des restrictions à l'importation, ses partenaires commerciaux pourraient prendre des mesures à son encontre. Qui est plus est, une subvention ou une protection de la production indigène de modules PV ne contribuerait que dans une moindre mesure à réduire la dépendance de la Suisse, car les producteurs de modules PV en Suisse continueraient à dépendre de l'étranger pour les matières premières.

La Confédération s'attache plutôt à réduire la dépendance sur le plan commercial par l'amélioration des conditions-cadres afin de permettre aux milieux économiques de diversifier les sources auprès desquelles ils se fournissent. Les mesures incluent par exemple la conclusion de nouveaux accords de libre-échange ou la suppression du droit de douane industriel, entrée en vigueur récemment. Dans le cadre de son rapport sur la politique économique de la Suisse en 2024<sup>45</sup>, l'OCDE a procédé à une analyse approfondie des instruments mis en place par la Suisse pour gérer sa dépendance sur le plan commercial. L'OCDE salue les mesures prises et lui recommande, au même titre que les autres pays, de renoncer à toute subvention.

La Suisse contribue à une production photovoltaïque performante en Europe, mais aussi ailleurs dans le monde, par les activités de recherche qu'elle abrite. Par rapport à sa taille, la Suisse possède une recherche PV forte. Elle contribue de manière importante au développement du photovoltaïque, et les projets s'inscrivent dans le cadre d'une collaboration étroite entre les hautes écoles et l'industrie, avec le soutien des pouvoirs publics<sup>46</sup>.

Il faut relever le fait que la recherche menée dans les hautes écoles est toujours associée à la formation du personnel spécialisé. Concernant la promotion de l'innovation dans le domaine de l'énergie, le transfert de savoir des hautes écoles vers l'économie doit être encouragé, et l'objectif consisterait à conserver sur le territoire suisse une partie de la création de valeur industrielle, puisque celle-ci a été développée grâce au savoir acquis en Suisse avec le soutien des pouvoirs publics suisses. Par ailleurs, une activité industrielle en Suisse associée à une production indigène permet de renforcer la collaboration entre les hautes écoles et l'industrie. Sur le long terme, il est difficile d'imaginer une innovation qui soit totalement décorrélée de la production.

<sup>44</sup> Les installations photovoltaïques doivent être renouvelées après un certain temps. Il manque des données empiriques sur les anciennes installations photovoltaïques. On peut toutefois considérer que les installations de qualité ont une durée de vie de 30 ans et plus.

<sup>45</sup> <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiqués.html>. Communiqué du 14 mars 2024 « Analyse de l'OCDE sur la politique économique menée par la Suisse : ouverture plutôt que politique industrielle ». Page consultée le 23 mai 2024.

<sup>46</sup> Cf. à ce sujet également le Conseil suisse de la science (CSS) : Recommandations du 30 août 2023 sur l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation pendant les années 2025 à 2028. Prise de position dans le cadre de la consultation sur le message FRI 2025-2028.

## 8 Conclusions

Comme la plupart des pays européens, si la Suisse veut atteindre ses objectifs de politique énergétique et climatique, elle doit pouvoir compter sur des chaînes d'approvisionnement fiables dans le domaine du photovoltaïque. Actuellement, le développement du photovoltaïque en Suisse profite de prix avantageux en raison d'une offre excédentaire massive sur le marché européen. Dans un tel contexte, le versement par la Suisse de subventions pour établir et développer une production de modules PV indigènes serait coûteux. Dans le même temps, il ne faut pas s'attendre à une réduction notable des rapports de dépendance, car les producteurs suisses de modules PV demeurent tributaires de l'étranger pour les matières premières. Il convient de relever que les modules photovoltaïques sont certes nécessaires à moyen terme pour le développement des énergies renouvelables mais, contrairement aux biens vitaux tels que l'alimentation ou les médicaments, ils ne doivent pas impérativement être disponibles à tout moment. Mais afin de garantir le développement à moyen et à long terme, il convient de sécuriser les risques liés à une éventuelle pénurie de la technologie.

Concernant la question des contributions de la Suisse à une industrie solaire européenne, soulevée dans le postulat, on peut relever que les travaux de R-D menés en Suisse ont rendu possibles des innovations majeures. Les pouvoirs publics suisses investissent massivement dans la R-D photovoltaïque, en se focalisant parfois de manière spécifique sur les besoins de la Suisse, par exemple dans le domaine de l'intégration aux bâtiments. La recherche couvre toutes les facettes du photovoltaïque, du développement technologique à l'application.

La formation ainsi que le développement et la conservation des compétences en lien avec l'utilisation de la technologie photovoltaïque en Suisse sont également des aspects importants de l'encouragement de la recherche par les pouvoirs publics. Concernant la promotion de l'innovation en dehors de la recherche fondamentale et de la recherche expérimentale, des partenaires industriels devront être trouvés en Suisse ou en Europe pour que les résultats de la R-D puissent être concrétisés. Enfin, s'agissant de la recherche appliquée, l'existence d'une industrie solaire européenne est essentielle, l'objectif final étant de créer une valeur ajoutée industrielle. En ce sens, la Suisse profite des mesures d'encouragement qui ont cours dans l'UE.

Depuis le dépôt du postulat, l'environnement de la production photovoltaïque a connu d'importants changements dans différentes régions du monde. C'est le cas aux États-Unis qui, afin de renforcer la sécurité de leur approvisionnement et de réaliser leurs objectifs énergétiques et climatiques, ont créé, en peu de temps, au moyen d'un fort soutien à l'industrie, un environnement qui favorise clairement la production PV indigène. En Europe, des efforts similaires sont actuellement déployés en différents endroits. Le Conseil fédéral, dans son rapport de situation 2024 sur l'économie suisse publié le 22 mai 2024, parvient toutefois à la conclusion que les répercussions négatives des mesures de politique industrielle prises à l'étranger pour la place économique suisse sont limitées. Le rapport de situation montre que certaines mesures prises à l'étranger entraînent certes une distorsion de la concurrence dans certaines branches, mais qu'elles sont également synonymes de nouveaux débouchés ou permettent de faire des acquisitions à meilleur prix. Ce faisant, et au regard des risques de diverses natures<sup>47</sup>, le Conseil fédéral rejette des mesures de politique industrielle en Suisse.

---

<sup>47</sup> Rapport de situation 2024 sur l'économie suisse – Rapport du Conseil fédéral du 22 mai 2024