



**PRÉFET
DE LA RÉGION
D'ÎLE-DE-FRANCE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Freins et leviers au développement du solaire photovoltaïque en Île-de-France



Rapport de l'étude

Octobre 2023

Credit : Photothèque Terra

REMERCIEMENTS

Nous remercions toutes les personnes ayant participé directement ou indirectement à cette étude, en particulier l'ensemble des acteurs interrogés qui ont pris du temps pour transmettre leurs retours d'expérience précieux et alimenter cette étude.

Nous remercions également les membres du Comité Partenarial ayant suivi cette étude: l'ADEME, l'association Énergies Partagées, l'Institut Paris Région, la Métropole du Grand Paris et le Syndicat des Énergies Renouvelables.

Enfin, nous remercions l'ensemble du Département Climat Air Énergie de la DRIEAT pour leurs commentaires et leurs nombreuses relectures.

RÉSUMÉ

En comparaison à la forte croissance de la filière du solaire photovoltaïque à l'échelle nationale, la région Île-de-France présente encore une faible densité d'installations sur son territoire : en 2021, elle a accueilli moins de 2 % de la production nationale de la filière. Dans cette région où l'ensoleillement est modéré et les contraintes foncières particulièrement fortes, la présente étude s'est attachée à établir un état des lieux des freins et leviers au développement du solaire photovoltaïque.

Pour ce faire, cette dernière s'est principalement appuyée sur des témoignages et retours d'expériences des acteurs de la filière. Un questionnaire a été mis en ligne recueillant 77 réponses d'acteurs très variés représentatifs de l'écosystème francilien du solaire photovoltaïque. 51 ont ensuite été interrogés individuellement. Les informations et données récoltées ont ainsi permis de lister et de classer de nombreux freins et leviers, aussi bien en fonction de la taille de l'installation (supérieur ou inférieur à 500 kWc) que de sa nature (en toiture ou en ombrière).

Sur les freins rencontrés, deux tendances claires se dégagent : le photovoltaïque sur toiture et les petites installations sur ombrières semblent rencontrer de réelles difficultés de rentabilité économique, de compétence ou de financement, alors que les installations plus importantes sur ombrières rencontrent quant-à-elles des freins administratifs et assurantiels.

En ce qui concerne les leviers actionnables, les premiers, assez classiques, sont la mobilisation d'aides financières ou la maîtrise du coût de l'énergie. Parmi les leviers identifiés, le plus intéressant réside en l'amélioration de la structuration de la filière à l'échelle régionale.

L'étude propose ainsi la création d'une structure identifiée en tant que tête de réseau unique sur le solaire photovoltaïque en Île-de-France. L'objectif est de dynamiser le marché afin de faire naître de nouveaux projets, via des actions de sensibilisation, de formation ou d'animation. Dans cette lignée, une liste de recommandations opérationnelles a été formulée, par exemple la création d'une boîte à outils numérique unique et centralisé ou bien d'un annuaire étoffé des acteurs, artisans ou installateurs franciliens.

La présente étude a été réalisée par le bureau d'étude Akajoule : Delphie BOUTIN, Agathe CARPENTIER et Marion COEURDACIER.

Axel BENOIST, chargé de mission à la DRIEAT, a assuré la coordination des travaux et a participé à la rédaction de l'étude.

Table des matières

INTRODUCTION	5
1. METHODOLOGIE	6
1.1 QUESTIONNAIRE EN LIGNE	6
1.2 ENTRETIENS TELEPHONIQUES	7
1.3 BENCHMARK.....	9
1.4 ANALYSE CRITIQUE DE LA METHODE.....	9
2. ÉTAT DES LIEUX DE LA FILIERE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE.....	10
2.1 LA TECHNOLOGIE	10
2.2 LA PUISSANCE INSTALLEE EN ÎLE-DE-FRANCE.....	12
2.3 LA REGLEMENTATION.....	12
2.4 LES ETAPES D'UN PROJET	14
2.5 LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE, UNE ENERGIE RENOUVELABLE ET RENTABLE.....	16
3. LES DEFIS ET LEVIERS EXISTANTS DU DEVELOPPEMENT DE LA FILIERE PHOTOVOLTAÏQUE EN ÎLE-DE-FRANCE	18
3.1 DES DEFIS ECONOMIQUES, REGLEMENTAIRES ET TECHNIQUES.....	18
3.1.1 RENTABILITE ECONOMIQUE ET CADRE REGLEMENTAIRE	18
3.1.2 RENTABILITE ECONOMIQUE ET COUT D'INSTALLATION EN REGION ÎLE-DE-FRANCE.....	19
3.1.3 DEMARCHES ADMINISTRATIVES.....	20
3.1.4 DEFIS TECHNIQUES ET ASSURABILITE.....	23
3.1.5 COMPETENCE ET CAPACITE DE FINANCEMENT DES ACTEURS.....	24
3.2 LES LEVIERS IDENTIFIES.....	27
3.2.1 LES LEVIERS ECONOMIQUES ET FINANCIERS DES PORTEURS DE PROJET	27
3.2.2 LES LEVIERS REGLEMENTAIRES	28
3.2.3 LE LEVIER D'EXEMPLARITE.....	28
3.2.4 LE LEVIER DE STRUCTURATION DE LA FILIERE.....	29
3.3 CARTES EMPATHIQUES DES ACTEURS DE LA FILIERE PV EN ÎLE-DE-FRANCE.....	31
3.4 SYNTHÈSE – MATRICE AFOM DE LA FILIERE PV TOITURE ET OMBRIÈRE EN ÎLE-DE-FRANCE	34
4. PRECONISATIONS POUR RENFORCER LE DEVELOPPEMENT DE LA FILIERE PV EN ÎLE-DE-FRANCE.....	35
5. GLOSSAIRE.....	39
6. ANNEXES.....	40
6.1 DEROULE DU QUESTIONNAIRE EN LIGNE	40
6.2 GUIDE D'ENTRETIEN TELEPHONIQUE	40
6.3 ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE	43
6.4 RECYCLAGE DES PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES.....	44
6.5 ANALYSE COMPAREE DU DEVELOPPEMENT DE LA FILIERE DANS D'AUTRES REGIONS	45

Introduction

Cette étude est portée par la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement, de l'Aménagement et des Transports d'Île-de-France (DRIEAT). La réalisation a été confiée au bureau d'étude Akajoule.

L'objectif de cette étude est d'identifier les freins et les leviers opérationnels pour favoriser le développement du solaire photovoltaïque sur toiture et ombrière de parking en Île-de-France.

La France s'est fixé des objectifs ambitieux en matière de développement des énergies renouvelables, en particulier sur le solaire photovoltaïque. La programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) 2016-2023, prévoit une puissance installée entre 35,1 et 44 GW en 2028 (dont 14,5 GW à 19 GW sur toitures). Il s'agit de presque tripler la puissance installée actuelle, qui s'élevait en 2021 à 14 GW.

À l'échelle régionale, le Schéma Régional Climat Air Énergie (SRCAE) avait fixé en 2012 un objectif de production d'électricité photovoltaïque de 517 GWh (pour 520 MW installés) pour l'année 2020. En 2022, seulement 191 GWh ont été produits, pour 251 MW installés. Le constat est clair : même si la production d'électricité solaire a doublé au cours des 5 dernières années, elle reste faible par rapport aux objectifs régionaux fixés. **Il s'agit d'une des plus faibles productions régionales en France : la région Île-de-France représente moins de 2 % de la production nationale alors même que sa densité de bâtiments et de parkings pourrait l'aider à accélérer le déploiement de cette énergie renouvelable.**

En effet, l'Île-de-France possède un potentiel photovoltaïque important sous exploité, particulièrement sur toitures et ombrières. Contrairement à l'idée reçue du manque d'ensoleillement de la région pour permettre une rentabilité économique des installations, il est possible de produire de l'énergie photovoltaïque sur la région à un coût acceptable. Pour preuves, outre les installations déjà exploitées sur la région, on peut citer le cas de la Belgique (ou des autres régions françaises plus au nord) qui bénéficie d'un climat comparable tout en produisant en 2018 plus de 3,5 TWh photovoltaïques.

Afin de répondre aux enjeux climatiques actuels et de participer à l'atteinte des objectifs nationaux de développement des énergies renouvelables, le contexte réglementaire a évolué au cours des dernières années. En plus de la loi du 22 août 2021, portant sur la lutte contre le dérèglement climatique et le renforcement de la résilience face à ses effets, ainsi que de la réglementation environnementale RE2020¹, le cadre législatif s'est vu renforcer par la loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables en ce début d'année 2023.

Les effets de ces choix politiques en matière de transition énergétique devraient rapidement se remarquer dans la filière, notamment via l'accélération des projets photovoltaïques sur bâtiments et ombrières de parking. **La nécessité d'identifier les freins et les leviers au développement de cette filière est ainsi plus que jamais fondamentale.**

¹ RE2020 – Réglementation Environnementale 2020 : la loi Évolution du logement, de l'aménagement et du numérique (ELAN) prévoit l'entrée en vigueur d'une nouvelle réglementation environnementale des bâtiments neufs en 2020, la RE2020. Son objectif est de poursuivre l'amélioration de la performance énergétique et du confort des constructions, tout en diminuant leur impact carbone. Dans ce cadre, elle exige d'intégrer la production d'énergie renouvelable en quantité égale, ou plus, à celle consommée. L'implantation de solaire photovoltaïque est alors un des choix des constructeurs pour assurer la construction d'un bâtiment à énergie positive.

1. Méthodologie

La présente étude s'est principalement appuyée sur des retours d'expérience variés ainsi que sur une étude bibliographique afin de :

- Dresser un état des lieux du solaire photovoltaïque en Île-de-France²
- Identifier les freins et les leviers du solaire photovoltaïque auprès des acteurs de la région
- Dégager des recommandations opérationnelles pour accélérer le développement du solaire photovoltaïque en Île-de-France, en s'appuyant sur un benchmark des autres régions françaises.

Afin d'analyser les **freins et leviers** au développement de la filière photovoltaïque sur toitures et ombrières de parking en Île-de-France, une enquête a été réalisée auprès des acteurs de la filière par le biais de deux actions menées en parallèle : un questionnaire en ligne et des entretiens téléphoniques.

Les participants à l'enquête (questionnaire et entretiens) ont été interrogés sur les défis relevés en tant que porteurs de projet, ainsi que sur les leviers existants, ou à mettre en place, pour dynamiser le déploiement de projets solaires photovoltaïques sur le territoire francilien. L'idée reste avant tout de capitaliser sur les leviers existants pour être en capacité d'atteindre les objectifs nationaux et régionaux.

1.1 Questionnaire en ligne

PRESENTATION DU PANEL DES ACTEURS INTERROGES EN ÎLE-DE-FRANCE

Le **questionnaire en ligne** a été transmis à 112 acteurs variés représentatifs de la filière photovoltaïque en Île-de-France. Il a été publié entre le 22 septembre 2022 et le 2 décembre 2022 et a obtenu **77 réponses**. La trame de ce questionnaire est présentée en annexe 6.1.

L'objectif du questionnaire était de récolter des avis de manière quantitative sur la filière, afin de bénéficier de statistiques représentatives.

Dans un premier temps, il était demandé aux répondants d'indiquer le type d'installation la plus représentative de leur activité (entre toiture et ombrière) et de qualifier le contexte actuel de l'Île-de-France pour le développement de solaire photovoltaïque en toiture ou en ombrière.

Dans un second temps, les répondants devaient classer plusieurs freins, précédemment identifiés, en fonction de leur impact sur le développement des projets. Les répondants se sont prêtés au même exercice pour les leviers et leurs impacts potentiels. Dans chacun des cas des exemples étaient demandés pour étayer les réponses.

Enfin, des questions plus ouvertes permettaient aux répondants de proposer des leviers qui faciliteraient le développement du solaire photovoltaïque en Île-de-France.

Le panel de répondants était varié et intégrait à la fois des représentants de collectivités, des acteurs privés (petites, moyennes et grandes entreprises), des coopératives citoyennes d'énergies, mais aussi des associations, des particuliers propriétaires...

² L'ensemble des documents exploités dans le cadre de l'étude bibliographique sont listés en annexe 6.3

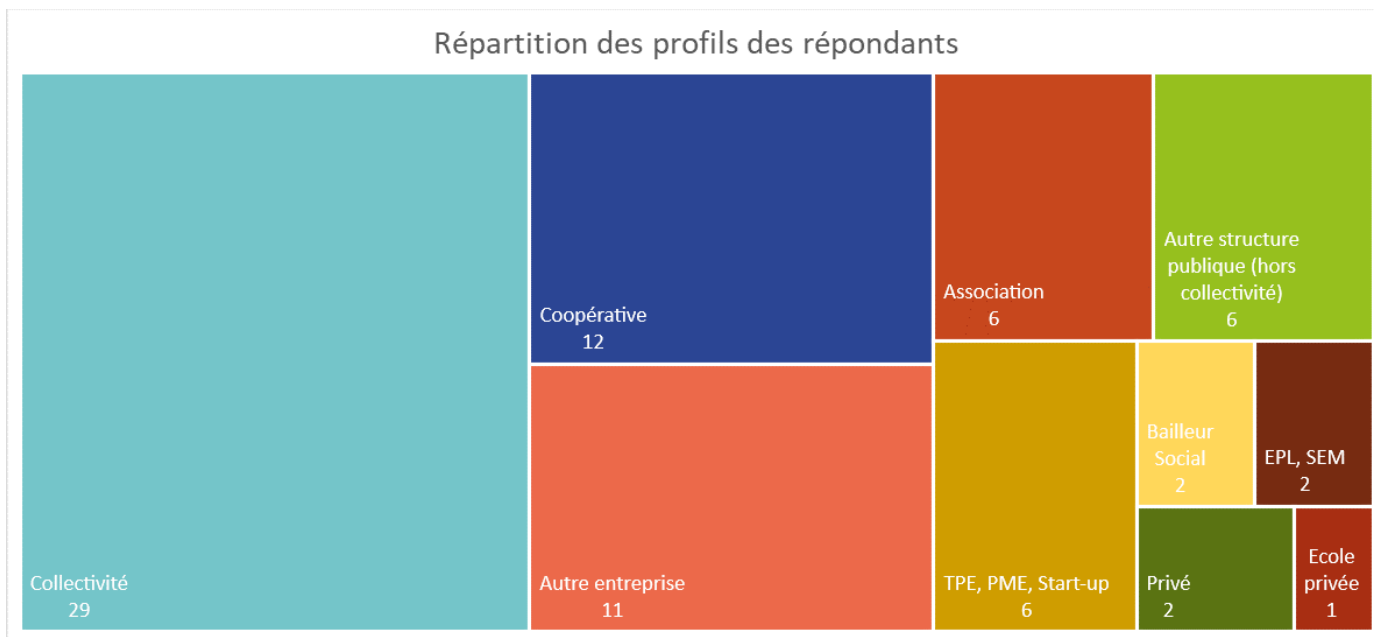


Figure 1 : Répartition du profil des répondants au questionnaire internet³

Majoritairement, à **81%**, les répondants interviennent dans le cadre du développement de projets photovoltaïques **sur toitures**, et principalement pour des toitures de petites et moyennes tailles (puissances installées inférieures à 500 kWc). Les répondants intervenant sur des **projets d'ombrières** (toutes surfaces confondues) sont moins fréquents et représentent **environ 19 %** du total.

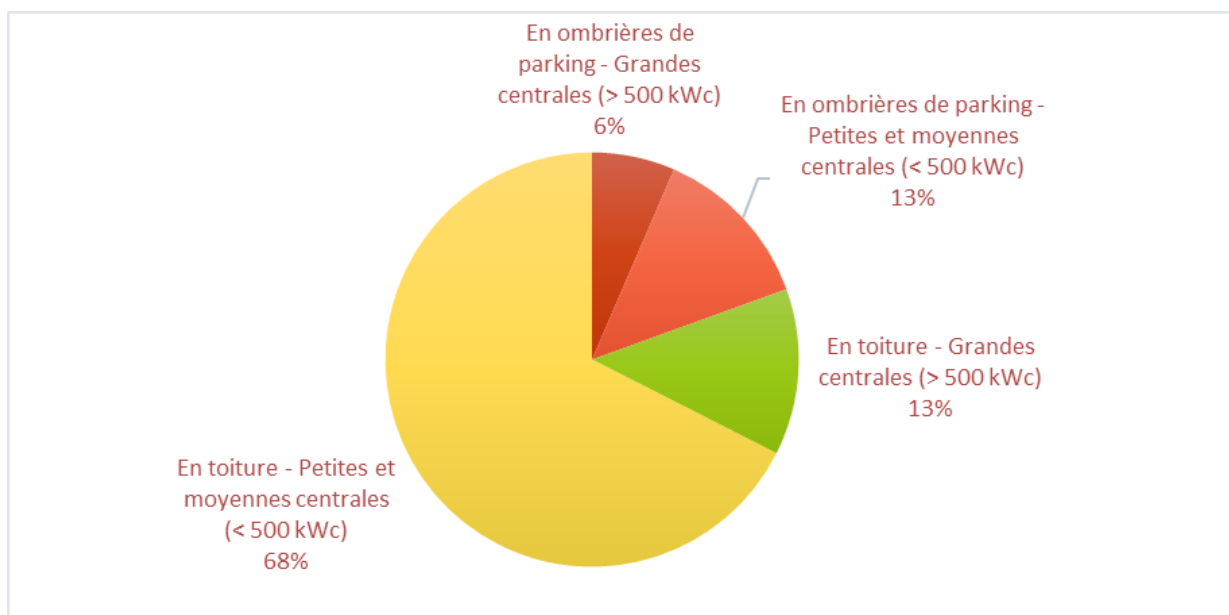


Figure 2 : Réponse par type d'installation concernée

1.2 Entretiens téléphoniques

Afin d'approfondir les premiers éléments obtenus par le questionnaire, des entretiens ont été réalisés auprès des acteurs volontaires. L'objectif était de recueillir leurs retours d'expérience de

³ SEM : Société d'économie mixte / EPL : Entreprise publique locale

manière plus exhaustive et qualitative sur le développement du solaire photovoltaïque. Le guide d'entretien détaillé est consultable en annexe 6.2.

Dans l'ensemble des entretiens, l'échange a porté sur les projets photovoltaïques réalisés, en cours ou simplement envisagés par l'acteur concerné. Pour chacun, des informations concernant la puissance installée, le coût ou encore la rentabilité du projet étaient demandées. En complément d'autres éléments plus qualitatifs sur le déroulé du projet étaient développés tels que : les potentielles difficultés rencontrées, l'accompagnement dans la démarche ou encore les leviers activés pour permettre la mise en service de l'installation.

Dans le cas où l'acteur n'avait pas vu son ou ses projets se concrétiser, il était invité à analyser les freins n'ayant pas pu être levés afin de définir, ensemble, des leviers.

PRESENTATION DU PANEL DES ACTEURS INTERROGES EN ÎLE-DE-FRANCE

51 entretiens téléphoniques ont été réalisés auprès des acteurs du territoire.

Le panel d'acteurs interviewés est riche et diversifié. Cette phase d'entretien a permis de compléter et étoffer les retours d'expérience par des exemples, des idées et des préconisations. Ces témoignages seront repris tout au long du présent rapport.

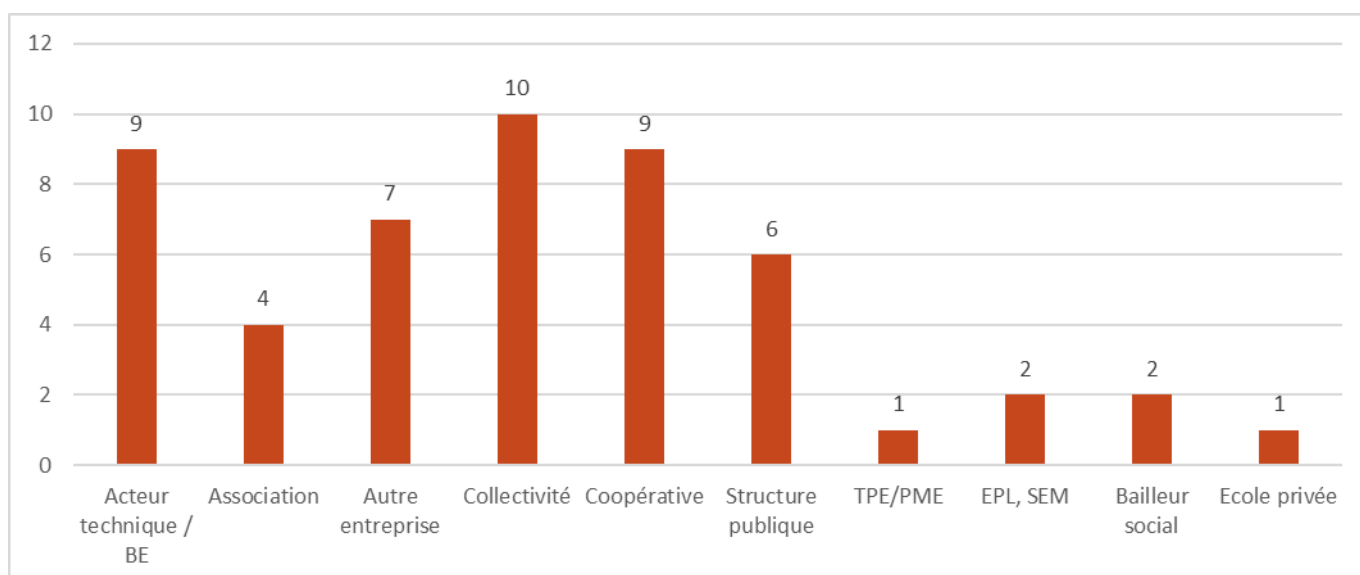


Figure 3 : Répartition du profil des répondants aux entretiens téléphoniques

1.3 Benchmark

Des entretiens ont été réalisés auprès d'acteurs des filières solaires d'autres régions afin d'établir un comparatif des dynamiques et abonder les recommandations opérationnelles.

Il a été choisi des régions de la moitié nord de la France, afin d'avoir des niveaux d'ensoleillement comparables. En effet, le taux d'ensoleillement impacte directement la productivité des panneaux installés, et donc le modèle économique des installations. L'enjeu de ces échanges était donc d'analyser les filières solaires de ces territoires, les enjeux auxquels elles font face, et de collecter leurs bonnes pratiques pour y répondre.

Ce sont donc les régions de Pays de la Loire, Bretagne, Centre Val de Loire et Grand Est qui sont représentées dans ce benchmark par le biais d'acteurs techniques, de collectivités et d'acteurs animateurs des filières sur ces Régions :

- Région Pays de la Loire et Bretagne :
 - o Atlansun, une association regroupant les acteurs de la filière solaire du Grand Ouest
 - o ENTECH, un installateur et développeur solaire photovoltaïque
 - o Une communauté d'agglomération de Bretagne
- Région Centre Val de Loire :
 - o Une communauté de communes
- Région Grand Est :
 - o Cap à l'Est, une association regroupant les acteurs de la filière solaire de la Région

Les structures Atlansun, ENTECH et Cap à l'Est sont présentées dans la partie 6.5.

Au total 5 entretiens ont été réalisés. Les conclusions de ces échanges sont synthétisées ci-après.

1.4 Analyse critique de la méthode

REPRESENTATIVITE DES ACTEURS

Sur la quantité d'acteurs ciblés initialement, le nombre de réponse représente un taux de succès de 68%. Cependant, même si nous constatons une bonne représentativité des entités publiques, coopératives et techniques, la sphère privée reste moins représentée dans l'échantillon. Ces acteurs ont été difficiles à contacter, notamment par le manque d'acteurs permettant de relayer le questionnaire.

UN CONTEXTE NATIONAL ET INTERNATIONAL EN CONSTANTE EVOLUTION

Au-delà du contexte réglementaire et législatif changeant, le contexte national et international a un impact fort sur le développement des énergies renouvelables.

En effet, la présente étude a été réalisée courant année 2022. Même si la crise énergétique liée au conflit Russie-Ukraine avait déjà démarré (février 2022), la majorité des retours d'expérience collectés ici concerne des projets d'avant crise. Aussi, certains des freins évoqués sur le volet économique ont pu être levés considérant le nouveau le contexte géopolitique international.

2. État des lieux de la filière solaire photovoltaïque

2.1 La technologie

En préambule d'un état des lieux plus précis de la filière solaire photovoltaïque en Île-de-France, il est proposé une partie d'état de l'art succinct sur la technologie solaire photovoltaïque afin d'appréhender au mieux les enjeux détaillés dans la suite du rapport.

Fonctionnement

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion du rayonnement du soleil en électricité grâce à des cellules photovoltaïques. Les cellules sont majoritairement faites de silicium, un matériau semi-conducteur. Il existe plusieurs technologies du solaire photovoltaïque, mais les panneaux en silicium dit « monocristallins » restent les plus répandus, de par leur meilleur rendement (12 à 20%)⁴.

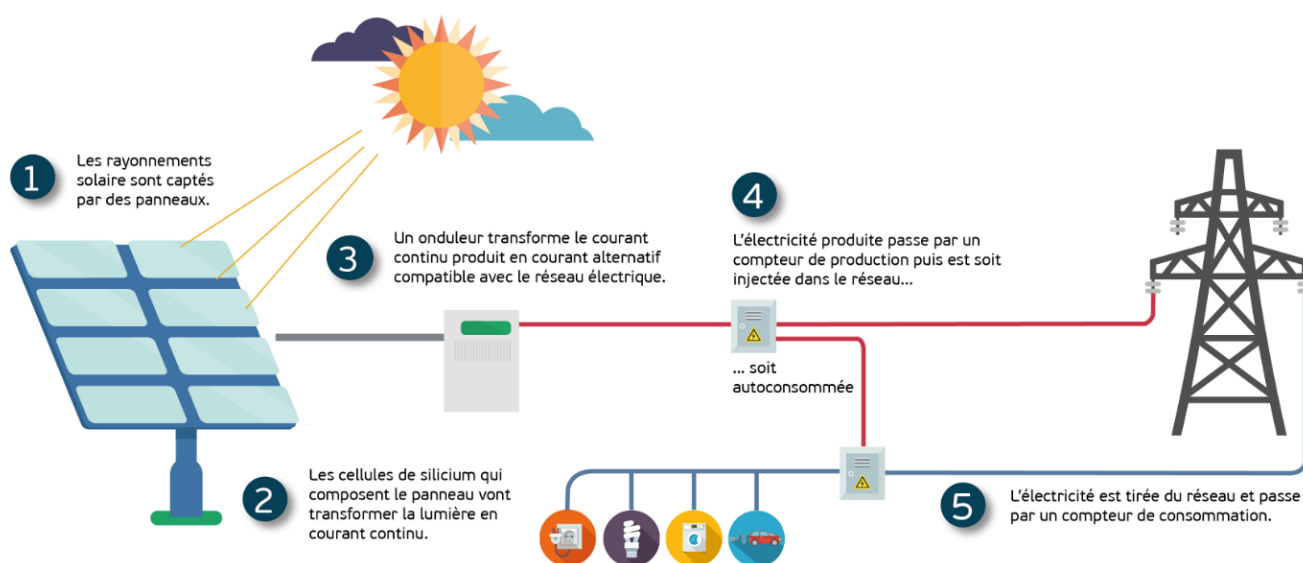


Figure 4 : Schéma de fonctionnement d'une installation solaire photovoltaïque

Source : Atlansun

L'unité utilisée pour désigner la puissance des installations solaires photovoltaïques est le Watt crête (W_c)⁵. En moyenne, un panneau solaire a une puissance de $400 W_c$ ⁶.

Pour comptabiliser l'électricité produite par une installation, on utilise le Wh. Cette unité correspond à l'énergie totale produite pendant une heure pour W_c installé.

Installations

⁴ Source : le site Photovoltaïque.info

⁵ Le Watt crête définit la puissance maximale de production photovoltaïque sous un ensoleillement standard de référence.

⁶ En comparaison, la puissance d'une ampoule est de 10 W environ, celle d'une bouilloire de 1 kW

Plusieurs implantations de panneaux sont possibles : en toiture, en ombrières de parking, au sol, flottant...



Figure 5 : Illustrations par type d'installation sur toiture, ombrières et au sol

L'Île-de-France est une région dense en bâtis, en parkings et le prix du foncier y est élevé. Le peu de foncier disponible est ainsi généralement destiné à d'autres usages que du solaire photovoltaïque. Cette tendance ne fera que s'accroître avec l'objectif ZAN (Zéro Artificialisation Nette) dans lequel la région s'intègre à travers son SDRIF-E⁷ mais aussi selon la loi Climat et Résilience, qui vise à diviser par deux le rythme d'artificialisation à l'horizon 2030 par rapport à la consommation d'espaces observée depuis 2010.

Le parti pris de cette étude est donc de ne s'intéresser qu'aux installations en toiture et en ombrière de parking. Le tableau ci-dessous présente une description très succincte des deux technologies.

	Toiture	Ombrière
Description	Implantation de panneaux sur la toiture d'un bâtiment existant ou futur	Implantation de panneaux sur des ombrières, placées au-dessus des places de parking
Ordre de grandeur	Un bâtiment de 400 m ² permet de réaliser une centrale de 100 kW _c	Un parking de 35 à 50 places permet de réaliser une ombrière de 100 kW _c
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de coûts de construction - Implantation sur une construction existante, sans consommation de foncier supplémentaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Optimisation de foncier au sol artificialisé - Création d'ombrage sur les voitures, alliant confort et production
Inconvénients	La composition de la toiture ou la structure du bâtiment ne sont pas toujours compatibles avec un système solaire photovoltaïque.	La construction de l'ombrière est coûteuse, et nécessite des travaux de génie civil.
Coût d'installation	Les montants d'investissement dépendent de la taille de l'installation : 1 kW _c à 36 kW _c : 3 à 1,2 €/W _c	Les montants d'investissement dépendent de la taille de l'installation : 36 à 100 kW _c : 1,4 à 1,2 €/W _c

⁷ Schéma directeur de la région Île-de-France

	<p>36 à 100 kW_c : 1,2 à 1 €/W_c 100 à 500 kW_c : 1 à 0,9 €/W_c > 500 kW_c : < 0,85 €/W_c</p>	<p>100 à 500 kW_c : 1,2 à 1,05 €/W_c > 500 kW_c : 1,05 à 0,95 €/W_c</p>
--	---	---

2.2 La puissance installée en Île-de-France

En 2021 en France, la puissance installée photovoltaïque était de 13 066 MW_c pour une production de 14,3 TWh⁸ (en comparaison, la consommation d'énergie finale s'élève environ à 1618 TWh)

En Île-de-France, au 2nd semestre 2022, on comptait plus de 21 000 installations de panneaux solaires photovoltaïques, totalisant 251 MW_c installés et produisant 191 GWh⁹. La production d'électricité issue du solaire photovoltaïque ne permet ainsi de couvrir que 0,1% des consommations d'énergie finale franciliennes (qui s'élèvent à 200TWh environ). De plus, l'objectif de production solaire en 2020, fixé dans le SRCAE à 500 GWh pour 370 MW_c installés, n'est toujours pas atteint.

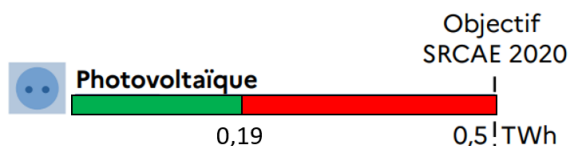


Figure 6 : État d'avancement de la production ENR en Île-de-France par rapport aux objectifs 2020 du SRCAE

Grâce à sa densité de parkings, de bâtiments et son ensoleillement plus qu'acceptable, l'Île-de-France présente pourtant un gisement important : le cadastre solaire Mon Potentiel Solaire¹⁰, réalisé par le Conseil Régional d'Île-de-France, évalue ce dernier sur le bâti et les parkings d'Île-de-France à 22 545 GWh/an, soit 35% de la consommation actuelle d'électricité francilienne. Bien que ce potentiel ne prend pas en compte les contraintes techniques, sa valeur témoigne de son importance. **L'enjeu des années à venir sera de mobiliser à son plein potentiel le gisement solaire régional.**

2.3 La réglementation

Le cadre réglementaire

Le cadre réglementaire lié au photovoltaïque est soumis à des changements réguliers, qui peuvent favoriser et encadrer son développement selon les conditions fixées dans les lois, décrets et arrêtés. Depuis le début de l'année 2021, pas moins d'une dizaine d'entre eux ont été publiés concernant les tarifs d'achats.

La loi Climat et Résilience du 22 août 2021 constitue une modification majeure du cadre réglementaire et a pour but d'atteindre les objectifs de l'accord de Paris et du pacte vert pour l'Europe. Cette Loi a permis la création du « guichet ouvert ».

Ce dispositif est accessible toute l'année et propose des tarifs d'achat réglementés, mis à jour chaque trimestre, et annoncés en amont de la signature du contrat.

⁸ Source : Production nationale 2021 - OpenDataRéseauxEnergie

⁹ Source : Registre national des installations de production et de stockage d'électricité (au 31/10/2022) - OpenDataRéseauxEnergie

¹⁰ <https://monpotentielsolaire.smartidf.services/fr>

Le contrat d'achat est réalisé avec un acteur obligé¹¹ (par ex : EDF OA), qui peut ensuite le céder à un autre acheteur obligé (par ex : ENERCOOP) aux mêmes conditions contractuelles. Cela permet au porteur de projet de bénéficier d'un tarif fixe, déterminé à sa signature, pour 20 ans.

Les modes de valorisation

Une fois l'électricité produite, il existe plusieurs possibilités de valorisation de celle-ci pour le porteur de projet :

- **Vente totale** : la totalité de l'électricité produite est injectée sur le réseau de distribution d'électricité, pour un tarif d'achat
- **Autoconsommation individuelle avec vente de surplus** : une partie de l'électricité produite est consommée sur place, et le surplus est injecté sur le réseau pour un tarif d'achat
- **Autoconsommation individuelle totale** (aucune injection sur le réseau) : la totalité de l'électricité produite est consommée sur place
- **Autoconsommation collective** : l'électricité produite est consommée sur place et injectée sur le réseau pour un tarif fixé avec les consommateurs de l'opération d'autoconsommation collective

Les tarifs d'achats

Suivant les gammes de puissance, les tarifs d'achat diffèrent.

Guichet ouvert :

Les projets de faibles puissances (inférieurs à 500kWc) bénéficient d'une obligation d'achat¹². Ce tarif est établi par un guichet en fonction des technologies et du mode de valorisation. Les prix sont actualisés trimestriellement. Le tarif d'achat une fois signature d'un contrat d'achat est gelé pendant une durée de 20 ans.

Appel d'offres de la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) :

Mis en place à la suite de la loi de transition énergétique du 17 août 2015, ce dispositif doit aider l'État à atteindre ses objectifs de production d'énergies renouvelables. Le but de ces appels d'offres est de rendre les ENR plus compétitives que les énergies fossiles via la mise en concurrence des projets.

Des appels d'offres nationaux, pouvant concerner différentes technologies et installations, sont régulièrement publiés. Pour y répondre, il faut proposer un tarif d'achat de référence (situé dans une fourchette de prix fixée par l'appel d'offres) et répondre au cahier des charges. On y retrouve les modalités de sélection du ou des lauréat-s, des exigences environnementales et technologiques selon le type d'installation et enfin le volume de puissance qui sera attribué à la fin de cet appel d'offres.

Les producteurs lauréats des appels d'offres bénéficient d'un complément de rémunération versé par EDF (proportionnel à l'énergie produite et correspondant à la différence entre le tarif

¹¹ Notion mise en place en 2017 dans le cadre de la loi NOME. Les acteurs obligés, (le plus souvent des fournisseurs d'électricité) sont dans l'obligation de justifier qu'ils bénéficient de suffisamment de capacités de production pour répondre à la demande de leurs clients. Cela se fait via l'achat de certificat de capacité.

¹² Selon la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) l'obligation d'achat est un « dispositif législatif et réglementaire obligeant EDF et les entreprises locales de distribution (ELD) à acheter l'électricité produite par certaines filières de production (éolien, PV, biomasse...) à des conditions tarifaires et techniques imposées. » -

de référence et le prix de marché de référence) s'ajoutant à la vente de son électricité au prix défini dans le dossier de l'appel d'offres. Le but, comme évoqué au-dessus, est d'assurer la rentabilité du projet et de couvrir les coûts d'installations.

	Guichet ouvert	Procédure de mise en concurrence	
	Obligation d'achat	Appel d'offres bâtiments, hangars, serres, ombrières	Appel d'offres autoconsommation
Seuil de puissance	Moins de 500 kWc	Plus de 500 kWc	
Dispositif contractuel de rémunération	Contrat d'achat avec un tarif de rachat fixé par l'État	Contrat de complément de rémunération	
Modalités	Selon arrêté tarifaire	Selon cahier des charges de l'appel d'offres	

Figure 7 : Synthèse des mécanismes de valorisation¹³

Zoom sur les aides mobilisables

À l'échelle de l'Europe et de la France, la filière solaire photovoltaïque est considérée comme rentable sans aide financière. Il n'y a donc pas de mécanisme de soutien à l'investissement à l'échelle nationale autre que l'obligation d'achat.

En revanche, d'autres types d'aides ont été mis en place :

- À l'échelle nationale, il existe des aides pour le financement d'études amonts (étude d'opportunité, étude de faisabilité)
- À l'échelle régionale, certaines régions proposent des aides complémentaires pour le financement d'installation qui n'ont pas recours à l'obligation d'achat (installations en autoconsommation exclusive)

Dans le cas de vente totale de l'électricité produite, la production photovoltaïque est achetée à un prix fixe en €/kWh, par le mécanisme d'obligation d'achat (expliqué précédemment).

Dans le cas d'autoconsommation avec vente de surplus, ce tarif d'achat de l'électricité produite est complété d'une prime à l'autoconsommation, toujours dans le cadre du mécanisme d'obligation d'achat. Cette prime se traduit par une aide à l'investissement en €/W_c pour les installations inférieures à 100 kW_c installés.

2.4 Les étapes d'un projet

Les étapes d'un projet solaire photovoltaïque sont récapitulées ci-dessous, ainsi que les acteurs concernés par les différentes étapes.

¹³ Source : Photovoltaïque.info – Tarif de rachat / Procédures de mise en concurrence

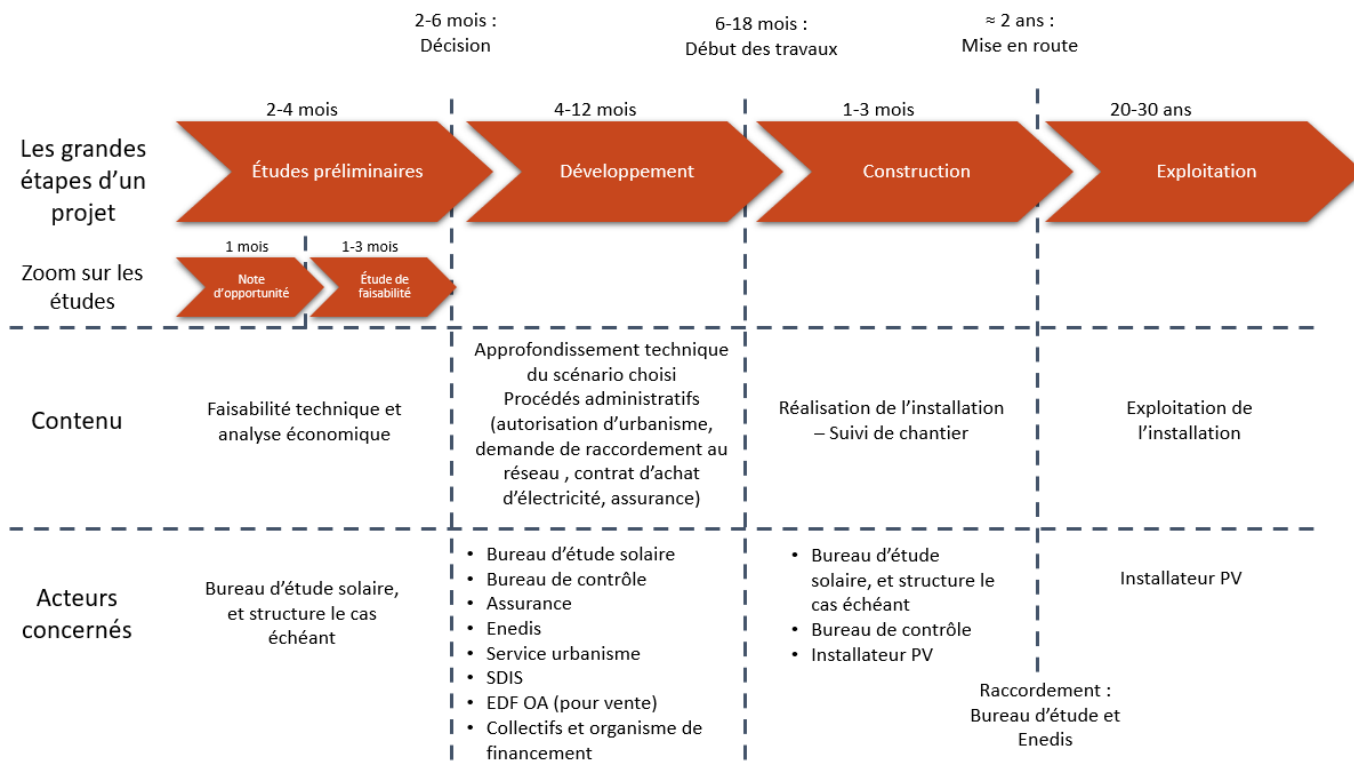


Figure 8 : Calendrier type d'un projet d'installation de solaire photovoltaïque

Source : Akajoule

Comme tout projet technique, le déroulé reste assez classique :

- La réalisation d'études préliminaires pour définir la faisabilité technico-économique sur projet
- Le développement du projet, en dimensionnant l'installation suivant le scénario choisi à l'issue des études préliminaires. Cette étape mobilise plusieurs parties prenantes :
 - o Acteurs techniques (bureau d'étude, bureau de contrôle) pour la sélection des technologies adéquates
 - o Acteur sécurité (SDIS¹⁴) pour la transmission de préconisations sécurité à prendre en compte dans la réalisation de l'installation
 - o Acteurs administratifs (service urbanisme, ENEDIS, EDF OA, assurance...), auprès de qui réaliser les différentes démarches administratives
 - o Acteurs financiers (collectifs et organismes de financement tels que des SEM, des collectifs citoyens ou des tiers-investisseurs privés) pour le montage financier de l'opération, le cas échéant
- La construction de l'installation
- L'exploitation de l'installation

Zoom sur les démarches administratives

Plusieurs types de démarches administratives sont à réaliser.

¹⁴ Service départemental d'incendie et de secours

La première concerne les autorisations d'urbanisme : la mise en place de panneaux sur un bâtiment ou un parking nécessitent des autorisations d'urbanisme spécifiques suivant les cas de figure.

Emplacement des modules	Plage de puissance	Hauteur de l'installation par rapport au sol	Autorisation d'urbanisme
Cas de figure classique			
Au sol (donc applicable pour les ombrières de parking)	≤ 3 kWc	≤ 1,8 m	Aucune (dispense de formalité)
		> 1,8 m	Déclaration préalable de travaux
	≤ 250 kWc	Toute hauteur	Déclaration préalable de travaux
	> 250 kWc	Toute hauteur	Demande de permis de construire
En toiture	Déclaration préalable de travaux (si bâtiment déjà existant)		
Dans un secteur protégé			
Au sol	≤ 3 kWc	> 1,8 m	Déclaration préalable de travaux
	> 3 kWc	Toute hauteur	Demande de permis de construire
En toiture	Déclaration préalable de travaux (si bâtiment déjà existant)		

Figure 9 : Démarches d'urbanisme – novembre 2022

Source : Ministère de la Transition énergétiques

Ensuite, la demande de raccordement à ENEDIS, le gestionnaire du réseau de distribution, est nécessaire pour tous les projets, y compris ceux en autoconsommation individuelle (en cas de vente du surplus de la production ou si besoin de compléter la production à l'aide du réseau). Suivant les projets, cette demande donnera lieu à une signature de convention, et potentiellement des travaux et coûts de raccordement à prévoir dans l'opération.

En complément, une demande d'information au SDIS doit être réalisée afin de disposer de ses recommandations pour la mise en place de l'installation.

Dans le cas d'injection sur le réseau, le contrat d'achat d'électricité doit être établi auprès du guichet ouvert avant la mise en fonctionnement de l'installation.

2.5 Le solaire photovoltaïque, une énergie renouvelable et rentable

Le solaire photovoltaïque permet de produire une énergie décarbonée et renouvelable, avec plusieurs avantages :

- Il s'agit d'une technologie connue et éprouvée, dont les performances continuent de s'améliorer. Notamment, chaque année, les nouveaux modèles de panneaux photovoltaïques, commercialisés par les fabricants, offrent de meilleures performances en termes de productivité.
- L'électricité produite peut être vendue à un tarif fixe, ou peut permettre de faire des économies sur la facture d'électricité lorsqu'elle est autoconsommée sur site
- Cette technologie a des temps de retour énergétique et carbone intéressants (*caractéristiques détaillées ci-dessous*)
- Le photovoltaïque permet de produire de l'énergie renouvelable à des coûts d'exploitation connus et maîtrisés à long terme.

- La filière est génératrice d'emplois locaux et dynamise l'économie locale¹⁵, et cela même si une majorité des panneaux solaire sont produits et assemblés en Asie.

Temps de retour énergétique

Une énergie est dite « renouvelable » lorsqu'elle est inépuisable à l'échelle du temps humain, et n'engendre pas ou peu de déchets ou d'émissions polluantes. Elle se distingue des énergies fossiles, polluantes et dont les stocks diminuent.

Le « temps de retour énergétique » correspond au ratio entre l'énergie produite annuellement et l'énergie totale consommée pour permettre la fabrication et le recyclage des infrastructures de production et son transport. **Pour le solaire photovoltaïque, le temps de retour énergétique est de 1 à 1,5 an¹⁶, ramené au climat et à l'ensoleillement français.**

Par comparaison, le temps de retour énergétique d'un combustible fossile est compris entre 5 et 8 ans¹⁷.

Temps de retour carbone

Le temps de retour carbone est égal au ratio entre l'empreinte carbone de l'équipement sur l'ensemble de son cycle de vie et les émissions évitées par celui-ci sur une année.

L'empreinte carbone d'un kilowatt-crête photovoltaïque est de l'ordre de 1,7 tCO₂¹⁸. Sur un an, ce kilowatt-crête produit en moyenne 1 150 kWh en France (ensoleillement moyen français) et permet donc d'éviter l'émission d'environ 550 kg de CO₂ par an sur la base du fonctionnement du mix électrique français en 2019. **Il faut donc environ 3 ans pour rembourser la dette carbone pour une installation photovoltaïque en France en 2019.**

Remarque : dans son bilan prévisionnel, RTE¹⁹ précise qu'en France, la production du solaire photovoltaïque (tout comme l'éolien) permet de remplacer l'usage d'électricité issue de centrale gaz ou fioul/charbon, et non la base de production issue des centrales nucléaires. Il est donc d'autant plus avantageux de consommer ou injecter de l'électricité photovoltaïque. La rentabilité économique du solaire photovoltaïque sera par ailleurs abordée dans la suite de cette étude.

¹⁵ Les emplois générés dépendent de l'année ainsi que du système et la puissance concernée. Pour une installation en grande toiture, l'outil TETE fournit pour 2015 un ratio de 10 ETP/MW pour l'investissement et 0,3 ETP/MW/an pour le fonctionnement.

¹⁶ Source : Fraunhofer ISE - Photovoltaics report - Juillet 2021. © Fraunhofer ISE, traduction Hespul

¹⁷ Source : Charles AS Hall – EROI of different fuels and the implications for society

¹⁸ Source : Analyse de Cycle de Vie réalisées par le NREL (Laboratoire National des Energies Renouvelables, aux Etats-Unis)

¹⁹ Bilan prévisionnel 2019 RTE - Précisions sur les bilans co2 établis dans le bilan prévisionnel et les études associées

3. Les défis et leviers existants du développement de la filière photovoltaïque en Île-de-France

3.1 Des défis économiques, réglementaires et techniques

L'enquête et les entretiens réalisés ont permis d'identifier différents freins au développement de la filière PV sur ombrières et sur toiture en Île-de-France, d'ordre économique, réglementaire et technique, détaillés ci-dessous.

3.1.1 Rentabilité économique et cadre réglementaire

L'arrêté tarifaire du 6 octobre 2021 dit "S21", issu d'une disposition européenne²⁰, fixe l'interdiction de cumuler primes et tarifs de l'obligation d'achat avec d'autres aides à l'investissement.

Cette mesure a mené au déséquilibre du modèle économique envisagé d'un certain nombre de projets avec vente de l'électricité par le guichet ouvert. En effet, auparavant, les projets pouvaient bénéficier d'une subvention à l'investissement de la part des collectivités locales (aide Région par exemple) en complément du tarif d'achat, et ainsi garantir un temps de retour sur investissement compétitif. Cela n'est désormais plus possible.

Témoignage – Structure accompagnatrice de projets citoyens :

Lors de la mise en place de l'arrêté tarifaire d'octobre 2021 interdisant le cumul de subvention régionale et des tarifs d'achat d'EDF OA, environ 20 projets ont été abandonnés, représentant 1,4 MW_c de projets citoyens. La plupart était en vente totale, qui était le modèle privilégié permettant une visibilité à long terme des projets.

En outre, les acteurs interrogés soulignent que le critère d'implantation géographique n'est globalement pas pris en compte dans l'établissement du montant de ces tarifs de rachat. Or, le productible dans le Sud de la France est supérieur à celui en Île-de-France. La quantité d'énergie produite en Île-de-France est alors inférieure à puissance installée égale, et donc à investissement égal. Cela impacte nécessairement la rentabilité des projets qui sont alors plus rentables dans les régions plus ensoleillées.

Il est proposé un exemple pour illustrer cette différence de productible en fonction de la région de France. Cet exemple est fictif, à valeur pédagogique, ainsi la seule variable sera l'ensoleillement. Les coûts de fonctionnement et l'investissement sont volontairement égaux quelle que soit la région concernée.

Les hypothèses²¹ sont les suivantes :

- Un investissement moyen de 100€/kWc installé
- Un coût de fonctionnement moyen de 1,6 €/kWc installé
- Le temps de retour brut est calculé ainsi :

$$TRB = (\text{revenu moyen} - \text{coût de fonctionnement moyen}) / \text{investissement}$$

²⁰ Source : Règlement du parlement européen et du conseil relatif aux subventions étrangères faussant le marché intérieur – 2021

²¹ Source : photovoltaïque.info

	<i>Installation 1 – à Paris</i>	<i>Installation 2 – à Marseille</i>
<i>Puissance et caractéristiques</i>	<i>100 kWc – orientation sud et inclinaison de 36°</i>	<i>100 kWc – orientation sud et inclinaison de 36°</i>
<i>Production²²</i>	<i>107 MWh</i>	<i>151 MWh</i>
<i>Tarif d'Obligation d'Achat du 01/08/22 au 31/10/22</i>	<i>107 €/MWh</i>	<i>107 €/MWh</i>
<i>Revenu moyen</i>	<i>11 450 €</i>	<i>16 160 €</i>
<i>Investissement moyen</i>	<i>100 000 €</i>	<i>100 000 €</i>
<i>Coût de fonctionnement moyen</i>	<i>1 600 €</i>	<i>1 600 €</i>
<i>Temps de retour brut sur investissement</i>	<i>10 ans</i>	<i>6,8 ans</i>

Cet exemple illustre concrètement l'influence de l'ensoleillement sur le modèle économique d'une centrale solaire photovoltaïque.

Remarque : depuis le début de l'année 2022, les tarifs de rachats en vente totale ou sur le surplus permettent désormais de financer des projets dont la puissance installée se situe entre 100 et 500 kWc. Sur cette tranche de puissance, au-delà de 1100kWh/kWc (productible moyen en France), le tarif de rachat du kWh produit est réduit à 0,04 €/kWh au lieu de 0,11 €/kWh.

En effet, en réduisant le montant d'aide au-delà d'une certaine quantité d'énergie produite, cette mesure vise à tenir compte de la plus forte rentabilité des installations situées plus au sud grâce à un ensoleillement plus important. En revanche, elle n'apporte pas d'aide supplémentaire aux projets à la productibilité plus réduite.

Témoignages :

Une coopérative de développement de projets d'énergie renouvelables citoyens souligne que les tarifs de rachat actuels aux alentours de 100€/MWh ne permettent pas d'équilibrer les coûts de production. Or, comparés à la réalité actuelle du marché de gros actuel de l'électricité (500€/MWh), ces tarifs de rachat pourraient être revus à la hausse.

Une autre rappelle que la production annuelle varie de 800 à 1400 kWh par kWc installé entre le nord et le sud de la France et qu'avec des tarifs de rachat identiques, un projet rapidement rentable dans le sud, n'est souvent pas envisageable dans la moitié nord.

3.1.2 Rentabilité économique et coût d'installation en Région Île-de-France

Pour les ombrières, le coût d'investissement inclut les coûts de construction de la structure. Ainsi, pour une même puissance installée, l'investissement en ombrière en valeur absolue sera plus important qu'une même installation en toiture²³. Or, le tarif d'obligation d'achat est le même

²²Source : Global Solar Atlas

²³Hors surcoût de travaux de consolidation de toiture parfois nécessaires avant intégration d'une installation PV en toiture

pour les installations en toiture ou en ombrières. Ainsi, à productible égal, la rentabilité d'une ombrière est inférieure à celle d'une toiture, même si elle a l'avantage d'accéder à du foncier déjà artificialisé, et ce sans contrainte de structure que peuvent présenter les bâtiments existants.

Dans le cas spécifique de la région Île-de-France, il est rapporté des coûts de main d'œuvre pour l'installation supérieure aux coûts pratiqués dans les autres régions de France de par la faible quantité d'artisans compétents. Or, ces coûts de main d'œuvre peuvent représenter jusqu'à 20 %²⁴ du montant de l'investissement d'un projet solaire. Avec un tarif de rachat unique à l'échelle nationale, les projets franciliens sont nécessairement impactés en termes de rentabilité par rapport aux projets réalisés dans les autres régions. Ce surcoût global peut atteindre une majoration de 30% du devis dans le Nord de la France, Île-de-France²⁵ comprise.

De plus, étant donné le contexte géopolitique actuel, nombre de répondants soulignent que la **flambée des prix des matières premières** impacte fortement les coûts des investissements alors que le tarif de rachat n'évolue pas en conséquence.

Mais en parallèle, la **flambée des prix de l'électricité** amène à repenser les modèles économiques des projets. En effet, il est observé qu'avec cette augmentation, les montages en autoconsommation (individuelle ou collective) deviennent financièrement plus intéressants que les projets en vente totale.

Témoignage :

Un syndicat intercommunal pour la distribution d'énergie en Île-de-France indique que bien que les tarifs réglementés aient été actualisés, il subsiste un contexte inflationniste (16% de hausse des coûts d'installation de projets photovoltaïques entre 2021 et 2022) qui vient s'ajouter à la décision du non-cumul des aides étatiques du S21 (financement de 50% du coût de l'installation par la Région Île-de-France) pour financer les projets en injection totale. Cela devient ainsi impossible de rendre économiquement viable un projet en toiture en Île-de-France.

3.1.3 Démarches administratives

RACCORDEMENT

Afin d'obtenir l'autorisation de procéder au raccordement électrique de l'installation au réseau, il est nécessaire de :

- disposer de l'autorisation d'urbanisme,
- d'avoir transmis une demande de raccordement auprès d'ENEDIS, le gestionnaire de réseau électrique.

Les documents doivent être complétés avec une grande attention et dans des délais précis, sous peine de refus, ce qui peut représenter une difficulté pour un maître d'ouvrage non averti.

De plus, selon la configuration de l'installation, le raccordement peut représenter un coût important du projet. Par exemple, pour des contraintes d'ordre technique, ENEDIS impose une limite de 17 MW (par dérogation) par point de livraison (en injection seulement). Pour les projets d'envergure, il est donc nécessaire de multiplier les points d'injection du projet PV, ce qui impacte considérablement le modèle économique.

²⁴Source : Akajoule – base de données de devis solaire photovoltaïque de 2019 à 2022 dans l'Ouest de la France

²⁵Source : Photovoltaïque info

Il est également observé une difficulté pour ENEDIS, le gestionnaire du réseau électrique, de traiter conjointement les nombreuses demandes en Île-de-France. En effet, les éléments rapportés dans le cadre de l'enquête mentionnent des délais très longs pour le raccordement, allant jusqu'à plus de 15 mois pour certains projets entre la fin des travaux et le raccordement.

Témoignage :

Pour illustrer les difficultés administratives rencontrées, il est par exemple donné le cas suivant : la réglementation ENEDIS impose que le contrat d'achat et de vente d'électricité soient au même nom. Ainsi, dans le cas d'un logement en location où le contrat de vente est au nom du locataire et non pas du propriétaire, cela implique alors un nombre important de démarches administratives.

Ces délais sont également impactés par une complexité des démarches administratives à effectuer. Un bureau d'étude accompagnant des porteurs de projet en tant que MOE (maître d'œuvre) a évalué un temps de 5 à 6 jours/homme à dédier pour chaque demande de raccordement réseau.

PERIMETRES ARCHITECTE DES BATIMENTS DE FRANCE

Dans certaines zones situées à proximité de bâtiments historiques, l'architecte des bâtiments de France (ABF), consulté en amont de la demande déposée en mairie, doit donner son approbation sur le projet de développement photovoltaïque.

Dans le cadre de l'enquête, 1 répondant sur 5 indique qu'il s'agit d'un frein majeur au développement de leurs projets et ils sont près de la moitié à considérer qu'il s'agit au moins d'une contrainte forte, et ce pour plusieurs raisons :

- Cela induit des délais importants pour la mise en conformité du dossier
- L'ABF a des demandes qui ne peuvent être satisfaites sans porter atteinte au modèle économique du projet. Cela peut entraîner l'abandon du projet

Témoignage :

Une collectivité a partagé ses inquiétudes sur le découragement a priori des potentiels porteurs de projet considérant les difficultés connues en Région Ile de France pour obtenir les autorisations ABF. Ainsi, ces difficultés entraîneraient une diminution du nombre d'opportunité de projets photovoltaïque.

Il est tout de même important de souligner que chaque projet est spécifique et peut faire l'objet d'un **travail collectif entre le porteur de projet et l'ABF** afin de faire émerger l'installation dans le respect des différents avis et acteurs impliqués.

Témoignage :

Dans le cas d'un projet sur un centre sportif dont la toiture terrasse est visible depuis la Tour Eiffel, un collectif citoyen porteur du projet a pu dialoguer avec les ABF, les questionner sur leurs attentes et échanger sur ce qui était faisable techniquement. Les solutions ont été discutées pour trouver des options acceptables : la réalisation d'ensembles visuellement cohérents et à plat sur les toitures, avec une contrainte sur le choix des panneaux PV (monocristallins, de couleur noire uniforme).

Le surcoût généré, la production réduite (en lien avec le positionnement à plat des panneaux) ainsi que le coût de maintenance plus élevé ont été pris en compte dans le modèle économique et n'impactent finalement pas le plan d'affaire de l'installation.

REGLES D'URBANISME

Quelques répondants soulignent des blocages urbanistiques liés aux **Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) municipaux ou les Plans Locaux D'Urbanisme Intercommunaux (PLUi)** qui bloqueraient le développement de projets. En effet, il existe certains documents d'urbanisme comprenant des prescriptions quant à l'intégration visuelle des panneaux en toiture, ou l'interdiction de co-visibilité depuis la voie publique. Même si ce type de disposition n'est plus légal²⁶ et a vocation à disparaître, la révision des règlements d'urbanisme a une temporalité d'un à deux ans, ce qui peut bloquer certains projets sur cet intervalle de temps.

Témoignage :

Il a été rapporté le cas d'une coopérative qui portait un projet photovoltaïque. Ce projet était contraint par un article du PLU qui exigeait que les panneaux soient intégrés en toiture. Après discussions avec les élus, le PLU est en cours de révision et l'article en question sera supprimé. Mais le délai pour que le PLU soit révisé peut varier d'une à deux années et conduirait à l'abandon du projet.

En discutant avec les services urbanisme, ils ont trouvé un article du code de l'environnement qui stipule que lorsque qu'il y a contrainte entre réglementation de l'urbanisme et production d'énergies renouvelables, l'article en question ne s'applique pas.

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

La complexité de la **réglementation environnementale** peut également **apparaître comme un frein** aux projets en toiture ou sur ombrières. La réglementation s'est d'ailleurs assouplie le 1^{er} juillet 2022. Le seuil de l'évaluation environnementale obligatoire des projets photovoltaïques est passé à 1 MW_c au lieu de 250 kW_c auparavant. Elle reste toujours nécessaire pour les installations importantes comme les parkings par exemple, où les **enjeux liés à l'eau sur la parcelle** nécessitent de mener des procédures administratives de plusieurs mois (étude des impacts environnementaux, mesures compensatoires...).

²⁶ 1^{er} alinéa de l'article L. 111-16 du code de l'urbanisme

Remarque

Dans le cadre de la loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables n°2023-175 du 10 mars 2023 :

- des zones d'accélération pour l'implantation d'énergies renouvelables doivent être identifiées par les communes. Dans ces zones et cela conformément à l'article 7, **le délai de la phase d'examen ne pourra dépasser les 3 mois** (sauf décision motivée par l'autorité compétente). De la même façon, le commissaire enquêteur rendra son **rapport sous 15 jours** et non plus 30 jours à compter de la fin de l'enquête.
- les projets d'installations de production d'énergies renouvelables sont réputés **répondre à une raison impérative d'intérêt public** leurs permettant de **déroger aux interdictions de porter atteinte à des espèces protégées** dès lors que les conditions fixées par décret en Conseil d'État (cf article 19).
- en cas de contentieux, le juge administratif aura **l'obligation de régulariser l'autorisation environnementale en cours d'instance si cela est possible**. L'objectif étant d'éviter l'annulation totale des autorisations environnementales lorsque le vice qui affecte la légalité peut être régularisé (cf article 23).

Enfin, paradoxalement à l'aspect vertueux de la démarche de production locale d'énergie, quelques répondants rappellent que la provenance des panneaux installés, majoritairement hors Europe, peut alourdir le bilan carbone de la démarche.

Cependant, il est rappelé qu'un panneau photovoltaïque amortit son empreinte carbone au bout de 3 ans de production, suivant l'origine des matériaux et le lieu d'assemblage. De plus, une filière de recyclage des panneaux est existante et en fonctionnement en France, permettant de recycler 95 % des panneaux. *Si vous souhaitez plus d'information sur ce point, vous pouvez consulter l'annexe 6.4 à la fin du présent document.*

3.1.4 Défis techniques et assurabilité

Les problématiques liées aux difficultés pour **assurer les projets** reviennent également beaucoup dans les échanges. Les éléments remontés font état de deux points saillants.

Les porteurs de projets font face à des difficultés globales avec les compagnies d'assurance, en particulier dans le cas de bâtiments classés Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) présentant des enjeux de sécurité spécifiques. Les échanges avec les assureurs sont souvent chronophages et n'aboutissent pas toujours à un accord.

Les systèmes techniques envisagés dans le cadre des travaux ne sont pas toujours certifiés en France (même s'ils le sont en Allemagne par exemple). Le bureau de contrôle, qui donne son avis sur les problèmes techniques du chantier et notamment sur la solidité de l'ouvrage ou la sécurité des personnes, pourra alors donner un avis défavorable. Cet avis, une fois rendu, doit obligatoirement être communiqué par le maître d'ouvrage du projet à l'assureur, pouvant entraîner le retrait de l'assureur.

Les entreprises contactées proposant, pour certaines, des systèmes de fixation innovants, indiquent que l'obtention d'une certification est complexe en France :

- Il est nécessaire d'étayer la demande de certification d'un rapport très détaillé, indiquant par exemple des projections de la rentabilité du système. C'est un exercice long et complexe, pas toujours réalisé de manière suffisamment détaillée par l'ensemble des fabricants.
- Les jeunes entreprises ne disposent pas de fonds suffisants pour se permettre de réaliser de telles études ou de consacrer autant de temps à la demande de certification.
- L'évolution constante et rapide des systèmes ne joue pas en ce sens. Il arrive qu'une certification soit accordée alors qu'un modèle plus performant vient tout juste de sortir.

De ce fait, diriger un budget important dans un procédé de certification n'est pas toujours intéressant pour les entreprises.

En Île-de-France, les **toitures zinc** sont assez fréquentes. Cependant, il existe très peu de système d'intégration pour ce type de toiture, car ceux-ci doivent être sous forme de pinces avec une résistance suffisante vis-à-vis d'une couverture relativement souple.

Cela pose ainsi deux enjeux :

- un enjeu vis-à-vis des assurances, car ces systèmes ne disposent pas d'un avis technique du CSTB²⁷
- un enjeu par rapport à la complexité technique car ce sont des systèmes plus compliqués à mettre en place

Le risque incendie, liés aux installations photovoltaïques, peut également complexifier les démarches d'assurabilité. On observe cela notamment pour les bâtiments sur des sites industriels ou classés ICPE pouvant contenir des matières dangereuses. Le cadre réglementaire impose que les installations photovoltaïques soient soumises aux normes en vigueur en termes de sécurité incendie. Elles doivent ainsi être équipées des éléments de signalétique ainsi que des organes de coupure nécessaires. Pour les établissements recevant du public, des solutions de protection particulières sont nécessaires (gainés CF, local onduleur ventilé et CF), ce qui engendre des frais et investissements plus importants.

Enfin, il est évoqué que même certaines structures de bâtiments neufs ne sont pas adaptées à l'implantation de panneaux PV en toiture. La faute, entre autres, au manque de sensibilisation des constructeurs immobiliers et des bureaux d'études en amont du projet. Les travaux pour renforcer la toiture sont souvent très onéreux, et peuvent mettre en péril la rentabilité du projet. Il est donc essentiel de l'anticiper en amont.

3.1.5 Compétence et capacité de financement des acteurs

Un frein notable est la compétence technique des potentiels porteurs de projet. En effet, comme ils ne disposent pas en interne des compétences techniques sur le solaire photovoltaïque, ils doivent recourir à une assistance et un accompagnement externe.

Ils ne disposent pas non plus d'informations concernant les montages financiers existants. Dans le cadre de l'enquête, un répondant sur 4 indique que les difficultés de financement sont un frein majeur pour les projets photovoltaïques. Certains porteurs de projet disposent de foncier (toitures et/ou parking) disponibles et propices à l'implantation de solaire photovoltaïque, mais n'ont pas les fonds propres pour investir dans l'installation. Il existe alors des montages financiers

Témoignage :

Une collectivité souligne le manque d'entrain des institutions et des partenaires sur le tiers investissement. Ce n'est donc pas encore identifié comme une solution viable à la réalisation d'un projet solaire photovoltaïque, sans capacité d'investissement en fonds propre.

D'autre part, il est remonté que les grandes entreprises (telles que GRDF, TOTAL Energie, ...) recherchent en général des surfaces importantes pour investir dans des projets photovoltaïques.

²⁷ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

alternatifs, mais ceux-ci restent encore peu pratiqués, et surtout trop peu connus des potentiels porteurs de projet.

Finalement, dans le cadre de l'enquête et des entretiens réalisés, une nécessité de coordination des acteurs de la filière est identifiée. L'absence d'échanges systématiques entre les propriétaires fonciers, les développeurs de projets, les professionnels de la filière pose des difficultés pour accélérer le développement de ces projets.

Synthèse des freins recensés dans le questionnaire selon les types de projets en ombrières ou en toitures

	Rentabilité économique		Démarches administratives			Défis techniques et assurabilité		Acteurs	
	Tarif d'achat	Coût installation	ABF	Raccordement réseau	Étude environnementale	Sécurité incendie	Assurabilité	Compétence	Capacité de financement
En toiture - Petites et moyennes centrales (< 500 kWc)									
En toiture - Grandes centrales (> 500 kWc)									
En ombrières de parking - Petites et moyennes centrales (< 500 kWc)									
En ombrières de parking - Grandes centrales (> 500 kWc)									

Frein majeur	Frein important	Frein moyen	Frein maîtrisé
--------------	-----------------	-------------	----------------

3.2 Les leviers identifiés

Cette première partie présente quelques leviers existants, sur lesquels les acteurs se sont appuyés pour faire émerger leur projet.

3.2.1 Les leviers économiques et financiers des porteurs de projet

MOBILISATION D'AIDES FINANCIERES

Sans surprise, les aides financières constituent un levier majeur au développement de projets photovoltaïques pour près d'un répondant sur 2 à l'enquête, en particulier pour les projets en toiture ou sur ombrières en deçà de 500 kWc.

Les projets citoyens en autoconsommation individuelle ou collective peuvent bénéficier de subventions de la part de la Région Île-de-France. Elles peuvent aller jusqu'à 80 % de l'investissement dans le cas des projets en toiture et 50 % pour les projets en ombrières.

Témoignage :

Une collectivité a indiqué que pour des projets antérieurs à 2021, une subvention à hauteur de 65% de l'investissement initial lui a permis d'atteindre le seuil de rentabilité.

TARIFS DE RACHAT

La garantie d'obtention sur 20 ans des tarifs de rachats ainsi que l'augmentation récente des seuils de puissance concernée sont des leviers majeurs au développement des projets. Ils permettent d'assurer une pérennité du modèle économique long terme de l'installation.

Témoignage :

Un syndicat d'énergie a indiqué que l'amélioration des tarifs de rachat en 2022 a permis d'accélérer le lancement de trois nouveaux projets (principalement des projets en ombrières < 500 kWc).

ACCOMPAGNEMENT A LA MISE EN ŒUVRE DES MONTAGES OPERATIONNELS ET FINANCIERS

Pour 15% des répondants, l'accompagnement à la recherche de financement est un levier majeur pour pallier l'absence de fonds propres à diriger vers une installation solaire.

En effet, les possibilités de montages financiers alternatifs permettent de faire émerger le projet lorsque l'investissement en fonds propre n'est pas envisageable.

La mutualisation des projets photovoltaïques avec des opérations patrimoniales (rénovation de toitures, constructions de nouveaux établissements, etc.) permet une diminution de certains investissements liés aux travaux. Ces travaux constituent alors une opportunité au développement des projets photovoltaïques.

Témoignage :

Un syndicat intercommunal précise que la mutualisation entre travaux nécessaires de rénovation et travaux photovoltaïques permet de bénéficier d'effets de volumes non négligeables sur les postes annexes aux installations photovoltaïques (études, sécurisation, base vie, etc.).

BAISSE DE LA FACTURE D'ELECTRICITE

Le développement des projets en autoconsommation génère une réduction des factures d'électricité pour le producteur/consommateur. Dans un contexte d'augmentation importante du prix de l'électricité. Ce levier est considéré comme majeur pour 25% des répondants.

MAITRISE PARTIELLE DE L'APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE

Une installation solaire photovoltaïque en autoconsommation permet une maîtrise partielle de son approvisionnement en électricité : l'électricité est produite et consommée localement, sans passer par le réseau. Même si les volumes d'électricité solaire produits restent des compléments à l'approvisionnement classique du réseau, produire sa propre énergie pour être moins dépendant du réseau national, et du contexte géopolitique, reste un levier non négligeable.

3.2.2 Les leviers réglementaires

Les leviers réglementaires n'ont pas été interrogés dans le questionnaire. Toutefois, ils ont été soulignés à plusieurs reprises dans les champs de réponses libres et lors des entretiens téléphoniques.

En particulier, les aspects réglementaires suivants ont été mentionnés comme pouvant constituer des leviers au développement du photovoltaïque en Île-de-France :

- Décret tertiaire : l'utilisation de la production photovoltaïque autoconsommée permet de participer à l'atteinte des exigences du décret tertiaire.
- Evolution de la réglementation pour faciliter la mise en œuvre les projets en autoconsommation collective.

Remarque

La loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables constitue, elle aussi, un levier réglementaire fort concernant la mobilisation du potentiel solaire sur les parkings et les bâtiments.

La loi facilite l'installation de panneaux solaires sur des terrains déjà artificialisés ou ne présentant pas d'enjeu environnemental majeur. Sont notamment visés les terrains en bordure des routes et des autoroutes (par exemple les aires de repos ou les bretelles d'autoroutes) et des voies ferrées et fluviales ; les friches en bordure du littoral et les parkings extérieurs existants de plus de 1 500 m². Ces parkings devront être équipés de panneaux solaires sur au moins la moitié de leur surface (sauf exceptions à préciser par décret du conseil d'Etat) à partir du 1^{er} juillet 2026 (article 40).

Les immeubles sont aussi concernés. Sur les bâtiments non résidentiels neufs ou lourdement rénovés (entrepôts, hôpitaux, écoles...), la couverture minimum des toitures solaires augmentera progressivement de 30% en 2023 à 50% en 2027. Cette obligation sera étendue dès 2028 aux bâtiments non résidentiels existants, qui devront eux intégrer un procédé de production d'énergies renouvelables ou un dispositif de végétalisation (article 43). En outre, dans un délai de 5 ans, les organismes privés d'habitations à loyer modéré (HLM) devront réaliser une étude de faisabilité pour développer de tels équipements sur leurs logements sociaux.

3.2.3 Le levier d'exemplarité

Un quart des répondants considère « l'exemplarité » comme un levier majeur pour le développement des projets.

Par exemplarité, il est entendu le fait que des acteurs, représentatifs ou influents, montrent l'exemple et apportent leur pierre à l'édifice de la transition énergétique. Par exemple par la réalisation d'une installation solaire sur leur patrimoine.

Tous les acteurs peuvent s'engager et être exemplaires :

- Les collectivités, par leurs missions d'accompagnement du territoire et la réalisation d'installations solaire photovoltaïque sur leur patrimoine,
- L'engagement des entreprises à travers leur politique RSE, et la réalisation d'installations solaire photovoltaïque sur leurs bâtiments,
- L'engagement citoyen des sociétaires à participer au développement des énergies renouvelables, produites localement pour la sécurité d'approvisionnement et les retombées directes et indirectes pour le territoire, que ce soit par la réalisation de centrale chez eux, ou la participation à des projets citoyens.

Par ailleurs l'inauguration de nouvelles installations photovoltaïques donne souvent lieu à des actions de communications dans les médias locaux et sur les territoires d'implantation des projets. Ces annonces ont pour effet de démontrer la faisabilité des projets photovoltaïques et leur intérêt (environnementaux et économiques). En effet, les projets photovoltaïques en toiture ou ombrières ne sont pas toujours visibles par les usagers. La communication autour de ces projets peut permettre la prise de conscience autour des sujets de la consommation électrique renouvelable et la sobriété.

3.2.4 Le levier de structuration de la filière

Le benchmark auprès des acteurs de la filière solaire photovoltaïque a permis de faire ressortir un levier déterminant à activer en Île-de-France : **la structuration de la filière régionale.**

D'après Atlansun et Cap à l'Est, deux structures « chapeaux » d'autres régions, pour développer les modèles d'affaires photovoltaïques, il est nécessaire d'organiser la filière et fédérer les acteurs publics et privés déjà en place sur le sujet (entreprises, collectifs, syndicats, collectivités...). L'objectif est d'aboutir à une filière photovoltaïque durable et structurée, qui allie le monde économique et le monde public de la région.

Concernant les collectivités, ENTECH soulève l'existence des syndicats d'énergie comme un réel atout, afin « d'industrialiser » et professionnaliser les projets.

La structuration de la filière doit permettre, en premier lieu, de **fluidifier l'accompagnement de tous les acteurs dans l'émergence technique des projets, les démarches administratives et la définition du modèle économique le plus pertinent (revente totale, autoconsommation individuelle ou collective avec ou sans revente de surplus).**

Une fois la structuration effective, d'autres leviers pourront être activés :

- **La sensibilisation et pédagogie sur l'évolution du marché de l'énergie** et de ses enjeux auprès d'un grand nombre de potentiels porteurs de projet.
- **L'identification des besoins de formations et de création éventuelle d'entreprises dans le domaine** : le manque de main d'œuvre locale (électriciens, poseurs) contribue aux délais importants des chantiers et à la hausse de prix et pénalise en particulier la rentabilité des petits chantiers.
- **La mutualisation des compétences et des coûts** par la réalisation de grappe de projets solaires
- **La professionnalisation de l'accompagnement des collectifs de projets citoyens**, encore beaucoup basés sur le bénévolat.

Synthèse des leviers recensés dans le questionnaire selon les types de projets en ombrières ou en toitures

	Mobilisation d'aides financières	Montage financier	Tarifs de rachat réglementés	Baisse de la facture d'électricité	Maîtrise de coûts de l'énergie	Volonté d'engagement et d'exemplarité	Mutualisation des coûts en cas de travaux sur des toitures ou parkings
En toiture - Petites et moyennes centrales (< 500 kWc)	Levier Majeur	Levier important	Levier Moyen	Levier important	Levier important	Levier important	Levier important
En toiture - Grandes centrales (> 500 kWc)	Levier Majeur	Levier important	Levier important	Levier important	Levier important	Levier important	Levier important
En ombrières de parking - Petites et moyennes centrales (< 500 kWc)	Levier Majeur	Levier Moyen	Levier important	Levier important	Levier important	Levier Moyen	Levier important
En ombrières de parking - Grandes centrales (> 500 kWc)	Levier important	Levier peu important	Levier important	Levier peu important	Levier important	Levier important	Levier Moyen

Levier Majeur	Levier important	Levier Moyen	Levier peu important
---------------	------------------	--------------	----------------------

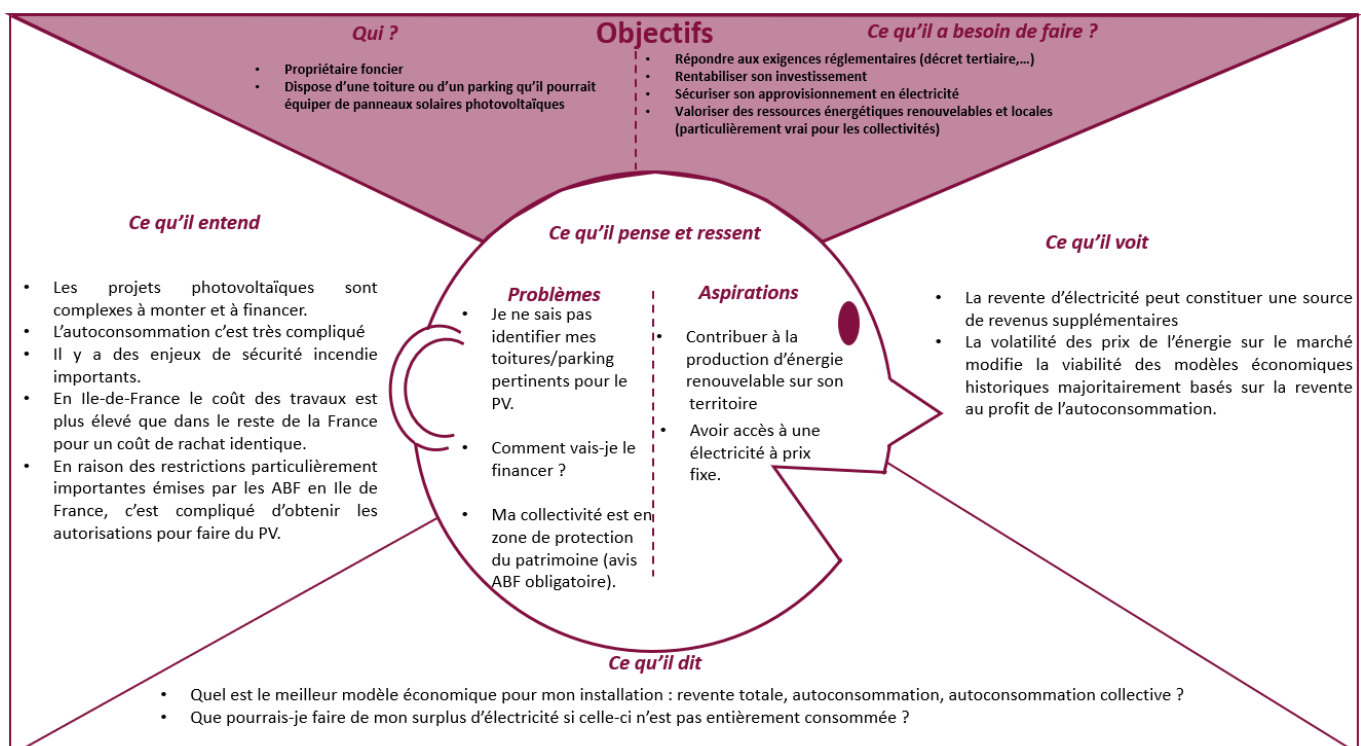
3.3 Cartes empathiques des acteurs de la filière PV en Île-de-France

Les projets photovoltaïques sont des projets ancrés dans les territoires qui nécessitent une coopération importante entre toutes les parties prenantes : les propriétaires fonciers, les collectivités locales, les locataires éventuelles, les tiers-investisseurs ou encore tous les acteurs techniques (études, raccordement, installation, mise en service...). Afin de mettre en évidence le point de vue des différents acteurs, et cela de manière synthétique, nous avons utilisé des cartes empathiques. Elles permettent de présenter la perception d'un acteur vis-à-vis d'un sujet à travers :

- « Ce qu'il pense », recense ses préoccupations majeures et aspirations
- « Ce qu'il voit », décrit son environnement et son évolution
- « Ce qu'il entend » pour décrire les influences de l'extérieur
- « Ce qu'il dit » pour partager son comportement ou avis sur le sujet

Ci-dessous sont alors partagées deux cartes empathiques : l'une se positionnant du point de vue du propriétaire foncier et l'autre du point de vue du développeur de projets photovoltaïques (entreprises privées ou collectif citoyen).

• Le propriétaire foncier



Le propriétaire foncier, qui dispose d'une surface de toiture, cherche à l'exploiter dans le but de : générer des revenus supplémentaires, sécuriser son approvisionnement en électricité, faciliter l'atteinte des objectifs du décret tertiaire lorsqu'il y est soumis ou encore contribuer à la production d'énergie locale sur son territoire.

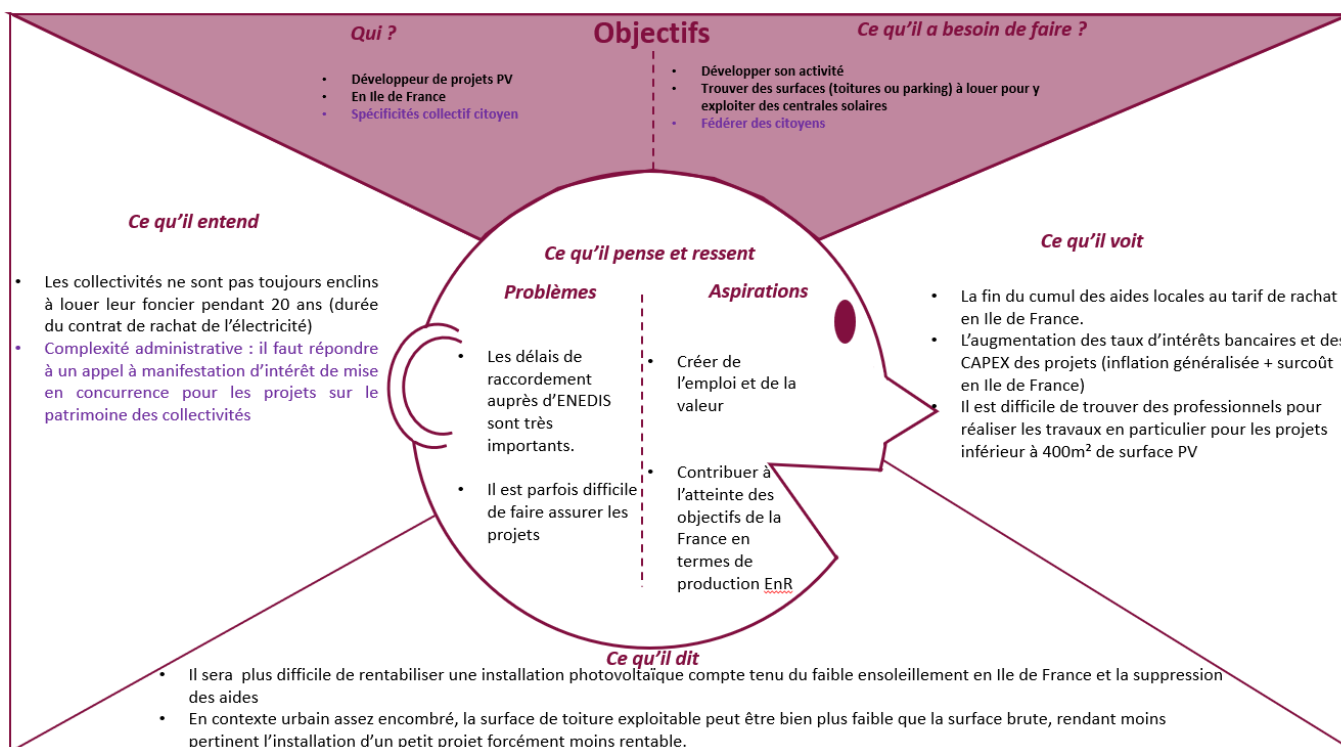
Lorsqu'il analyse le contexte économique actuel, il constate la volatilité des prix de l'énergie sur le marché. Dans le cas où il avait déjà par le passé étudié l'opportunité de porter un projet photovoltaïque, les conclusions d'alors nécessitent d'être mises à jour.

Il s'interroge sur la capacité de sa toiture à accueillir une installation photovoltaïque (orientation, structure, périmètre ABF) et sur le modèle économique à privilégier pour obtenir la meilleure rentabilité :

- Mise à disposition de sa toiture en échange d'un loyer
- Financement de l'installation et revente totale de l'électricité
- Financement de l'installation, autoconsommation et revente du surplus
- Financement de l'installation, autoconsommation (individuelle ou collective) sans revente du surplus.

Il entend que les projets photovoltaïques peuvent être complexes à monter et à financer et cela peut le freiner dans le lancement de ce projet. Un point d'entrée pour l'accompagner dans les différentes étapes qui jalonne le montage d'un projet le rassurerait (quelle réglementation vis-à-vis des ABF, la gestion des risques d'incendie, quel modèle économique et quelle rentabilité pour ce projet, quelles options pour le financement : collectif citoyen, mise à disposition de la toiture à un développeur, investissement en propre, ...).

- **Le développeur de projets photovoltaïque**



Le développeur de projets photovoltaïque cherche à développer son activité en finançant et exploitant des centrales solaires. Il peut s'agir à la fois d'acteurs privés (entreprises) ou encore de collectif de citoyens.

Ces acteurs font face à une évolution du contexte économique pour le financement de ces projets : la fin du cumul des aides locales et du tarif de rachat d'une part, et l'augmentation des taux bancaires et des coûts des installations d'autre part.

Ils expriment leurs difficultés à rentabiliser des projets en région parisienne en comparaison avec des projets dans le sud de la France. En effet, le tarif de rachat est national et ne prend pas en compte les différences d'ensoleillement entre les régions.

Ces acteurs font face à des difficultés pendant la mise en œuvre du projet, notamment avec des délais très importants :

- Pour l'autorisation d'urbanisme, du fait des nombreux bâtiments classés dans la région qui impliquent l'intervention de l'ABF
- Pour le raccordement,
- Pour réussir à assurer les projets.

3.4 Synthèse – Matrice AFOM de la filière PV toiture et ombrière en Île-de-France

FORCES	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> • De nombreux collectifs citoyens, collectivités et syndicats d'énergie sur le territoire • Technologie connue et éprouvée • Forte densité de l'habitat : nombreuses toitures déjà existantes qui pourraient être valorisées sans induire d'artificialisation des sols • Forte densité de zones commerciales et industrielles : nombreux parkings et toitures déjà existants 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensoleillement moins important que dans la moitié sud de la France (propos à nuancer au vu de la production photovoltaïque des régions du Nord ou de la Belgique) • Travaux de raccordement : délais très longs (faiblesse nationale, pas propre à l'IDF) • Coûts des travaux et études plus chers dans la région • Périmètres ABF très présents et restrictifs • Non cumul des aides financières aux tarifs de rachat • Part importante de toitures zinc, non compatibles avec les systèmes d'intégration disposant d'avis technique à l'heure actuelle
OPPORTUNITÉS	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> • Envolée du prix de l'électricité sur le marché, améliorant la rentabilité des projets PV • Décret tertiaire : en autoconsommation une installation photovoltaïque permet de contribuer à l'atteinte des objectifs du décret • Mutualisation des projets photovoltaïques avec des opérations patrimoniales • Nombreuses copropriétés : occasion de développer les installations d'autoconsommation collective • Loi d'Accélération de la production d'énergies renouvelables • Multiplication des sensibilisations à l'adaptation au changement climatique 	<ul style="list-style-type: none"> • Inflation sur les coûts des matières premières • Dépendance de l'Asie pour certains composants des panneaux • Complexité de la mise en œuvre des opérations d'autoconsommation collective

4. Préconisations pour renforcer le développement de la filière PV en Île-de-France

1 - Structurer la filière

2 - Dynamiser le marché et faire naitre les projets

3 - Accompagner les porteurs de projets (volet demande)

4 - Accompagner le maintien et le développement du savoir et la compétitivité de la filière (volet offre)

5 - Accompagner l'évolution de la filière

Axe 1 : Structurer la filière

À ce jour, il n'existe pas de structure intégrative pour **porter**, **piloter** et **organiser** la filière photovoltaïque en Région Île-de-France. Il semble alors nécessaire de créer une structure qui soit identifiée en tant que **tête de réseau unique**, au cœur des projets et problématiques locales afin **d'optimiser** et **simplifier** le parcours des porteurs de projet (collectivités, acteurs économiques, particuliers...)

Pour favoriser un développement pérenne de cette filière, sur le modèle de ce qui a pu être réalisé en Pays de la Loire et Bretagne par l'association ATLANSUN, il est préconisé que la structure rassemble tous les acteurs de la chaîne de valeur du PV. Ce fonctionnement permet de développer conjointement la demande de projets potentiels et l'offre disponible.

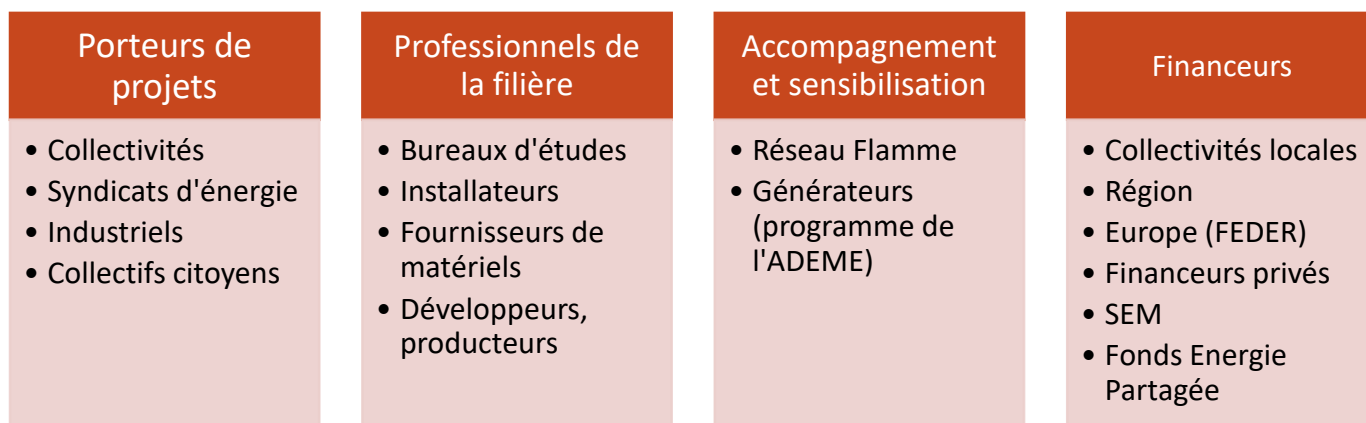


Figure 10 : Chaîne de valeur de la filière photovoltaïque

Proposition d'actions :

- Organiser des ateliers de travail avec les dirigeants d'ATLANSUN et Cap à l'Est pour appréhender plus précisément leurs modèles et s'inspirer de leurs expériences pour définir le modèle d'organisation de la filière en Île-de-France :
 - o Acteurs concernés
 - o Mode d'émergence
 - o Gouvernance
 - o Mode de financement : adhésions, aides externes
 - o Budget de fonctionnement
 - o Moyens humains
- Une fois le modèle choisi, présenter la démarche et lancer une campagne d'adhésion auprès des acteurs de la chaîne de valeur

Il est fortement conseillé de se rapprocher des acteurs du PV ayant déjà l'expérience de la structuration de filière sur leurs territoires (notamment ATLANSUN et Cap à l'Est) pour préciser les enjeux, les écueils à éviter, les priorités à donner dans le cadre de ce travail de structuration.

Une fois l'organisation créée et en fonctionnement, certaines des actions proposées ci-dessous pourront être pilotées par l'entité.

Axe 2 : Dynamiser le marché et faire naître les projets

Il est nécessaire, pour dynamiser le marché du solaire et faire naître les projets et de structurer l'animation de la filière. Même si l'entité fédératrice à l'échelle de la région n'est pas encore créée, ces actions peuvent être engagées à partir des relais existants, puis généralisées une fois la structure en fonctionnement.

Proposition d'actions

- Construire une offre de sensibilisation adaptée à destination de tous les potentiels porteurs de projets (collectivités, industriels, particuliers...) :
 - o Réaliser des présentations du cadastre solaire du Conseil Régional auprès des acteurs relais type CCI, CMA, CA, BPI²⁸,... qui permettent de toucher les porteurs de projet privés
 - o Réaliser des présentations du cadastre solaire auprès des chargés de mission PCAET des EPCI d'Île-de-France
 - o Communiquer auprès des professionnels de la filière solaire, recensés QualiPV-OPQIBI (bureaux d'étude, installateurs référencés) sur l'existence du cadastre
- Construire une offre de formation plus approfondie à destination des potentiels porteurs de projets (collectivités, industriels, particuliers...) déjà sensibilisés :
 - o Réaliser des webinaires permettant de dérouler les étapes classiques d'un projet solaire photovoltaïque et les acteurs à mobiliser – présentation de la boîte à outils (voir dans la catégorie ci-dessous)
 - o Formation des AMO / architectes / BE sur la mise en place des panneaux dans l'ensemble des projets neufs ou de rénovation
- Animer le réseau d'acteur par la mise en place d'évènement permettant la rencontre entre pairs mais aussi entre porteurs de projets et professionnels de la filière
 - o Organisation de conférences,
 - o Organisation de visites de sites,
 - o Envoi de newsletter intégrant des témoignages, des partages d'expérience, des fiches actualités sur l'évolution de la réglementation

²⁸Ces termes sont définis dans un glossaire en fin de rapport

- Créer un guichet unique pour la réalisation d'études de faisabilité solaire photovoltaïque financées (marché à bon de commande auprès de BE locaux)
- Inciter les collectivités à réaliser un Plan de Solarisation global à l'échelle de l'EPCI :
 - o Diffuser des retours d'expérience d'autres territoires via le réseau des chargés de mission PCAET
 - o Transmettre un exemple de CCTP et une enveloppe associée
- Créer une évolution du cadastre solaire avec un outil de « scoring solaire » qui permettrait aux propriétaires de foncier de hiérarchiser leurs projets potentiels
- Créer un dispositif de financement au lancement du salariat pour les collectifs citoyens existants afin de capitaliser sur une organisation existante en lui donnant du poids et de la capacité de fonctionnement

Axe 3 : Accompagner les porteurs de projets (volet demande)

Proposition d'actions :

- Mettre à disposition une **boîte à outils** unique et centralisée : compiler et compléter les éléments déjà existants pour les porteurs de projet tels que des guides pratiques sur les thématiques clés suivantes :
 - o Le mode d'emploi pour le développement d'un projet solaire PV
 - o Les actualités sur l'évolution de la réglementation
 - o Les dispositifs d'aides mobilisables selon la nature du porteur de projet,
 - o Les montages financiers possibles par type d'installation et de porteur de projet,
 - o Des prescriptions du SDIS claires et accessibles en matière de gestion du risque incendie,
 - o La méthode de gestion des procédures de raccordement,
 - o La mise en place d'une méthodologie de dialogue avec les ABF pour faciliter l'acceptation des projets basés sur les retours d'expérience de dialogue ayant abouti à un compromis.
 - o Les modes d'actions possibles vis-à-vis des contraintes urbanistiques telles que la lecture critique des prescriptions abusives inscrites dans les PLU et PLUi
- Communiquer sur l'annuaire d'acteurs du PV de la Région (*cf. ci-dessous*)
- Mettre en place des ressources humaines dédiées pour accompagner les porteurs de projets sur les volets juridiques, techniques et économiques
- À court terme, communiquer massivement auprès des porteurs de projets qui se sont manifestés ces dernières années et qui n'ont pas concrétisé leur démarche faute de rentabilité pour les inciter à actualiser les données à la vue de l'évolution du contexte économique.
- Encourager l'émergence de grappe de projets par souci d'économie des coûts globaux des opérations en s'appuyant sur les organismes accompagnateurs pour faire émerger le besoin, puis les SEM ou sociétés des projets locales pour aider à le financer.

Axe 4 : Accompagner le maintien des savoir-faire et de la compétitivité de la filière (volet offre)

Proposition d'actions :

- Étoffer l'annuaire des acteurs du PV existant dans le cadastre solaire de la Région en le complétant avec d'autres qualifications officielles, ainsi que d'autres typologies d'acteurs:

- BE (bureaux d'étude) : les référentiels de l'OPQIBI, RGE
 - Installateurs : les référentiels QualiPV, et QualiElec suivant la puissance installée
 - Maîtrise d'œuvre : les référentiels de l'OPQIBI,
 - Assureurs : acteurs à identifier à partir de retours d'expérience locaux
 - Financeurs : association citoyenne, SEM, gros installateurs...
- Réaliser des temps de travail spécifiques avec les bureaux de contrôle et les assureurs pour identifier les marges de manœuvre pour la mise en place de panneaux avec des systèmes sans ATEC français (avis technique délivré par le CSTB).
 - Accompagner la formation et l'emploi dans la filière régionale pour permettre l'émergence d'un tissu de PME locales en particulier pour les petits et moyens projets :
 - Créer des partenariats avec les écoles et universités d'Île-de-France pour proposer des cours spécifiques sur le solaire photovoltaïque, ainsi que des projets concrets sur lesquels les élèves pourraient travailler (type projet d'étude)
 - Proposer des visites d'installations existantes aux établissements scolaires au sens large (collège, lycée, enseignement supérieur, ...)
 - Travailler avec la CMA et les fédérations métier (type FFB) sur leurs besoins en formation

Axe 5 : Accompagner l'évolution de la filière

Proposition d'actions :

- **Faire émerger les nouveaux modèles d'affaire** tel que l'autoconsommation collective en accompagnant les acteurs d'un point de vue technique, économique, juridique.
- Mettre en place un financement d'étude de faisabilité économique pour des opérations d'autoconsommation collective afin de définir le périmètre de l'opération, les consommations et les puissances en jeu, les producteurs et les consommateurs, le dimensionnement des installations
- Mettre à disposition des documents exemple sur les aspects juridiques et contractuels (mise en place de la Personne Morale Organisatrice, statut, clé de répartition, relation entre producteurs et consommateurs, conditions générales de vente, etc.)
- Agir auprès des pouvoirs publics pour renforcer le contexte réglementaire en faveur du développement des installations PV et alléger les contraintes
 - Participation aux instances nationales de la filière pour faire remonter les problématiques locales (délai de raccordement, contraintes ABF, complexité administrative, complexité réglementaire assurance...)
- **Accompagner financièrement**
 - **Maintenir les aides actuellement en place** : aide à l'investissement régionale sur le CAPEX pour les études en autoconsommation sans injection de surplus (non soumises à la règle des non-cumuls d'aide)
 - **Mettre en place une nouvelle aide** : aide aux travaux annexes liés à la rénovation de l'existant (structure, étanchéité, désamiantage, isolation thermique) pour les coûts qui viennent en plus d'un projet PV, puisque ceux-ci ne sont pas soumis à la règle des non-cumuls d'aide.

5. Glossaire

- ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- AREC – Institut Paris Région : Agence Régionale Énergie Climat d'Île-de-France
- BE : Bureaux d'étude
- BPI : Banque Publique d'Investissement
- CA : Chambre d'Agriculture
- CAPEX : Capital Expenditure - Dépense d'investissement de capital
- CCI : Chambre de Commerce et d'Industrie
- CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières
- CMA : Chambre des Métiers et de l'Artisanat
- CSTB : Conseil Scientifique et Technique du Bâtiment
- EDF OA : EDF Obligation d'Achat
- EPCI : Établissement public de coopération intercommunale
- FFB : Fédération Française du Bâtiment
- IDF : Île-de-France
- kWc – kilowatt crêtes – Puissance maximale que peut fournir un panneau solaire, dans des conditions optimales de fonctionnement (ensoleillement de 1000 watts/m², température ambiante de 25°C, ciel dégagé vers midi).
- kWh – kilowatt heure – cette unité correspond à l'énergie totale produite pendant une heure.
- OPQIBI : Organisme de Qualification de l'Ingénierie
- PCAET : Plan Climat Air Énergie Territorial
- PLU – Plan Local d'Urbanisme – ce sont les règles d'aménagement et d'urbanisme d'un territoire. Le PLU définit notamment des contraintes d'aménagement d'un territoire, auxquels sont soumis, entre autres, les projets solaires.
- PME : Petite et Moyenne Entreprise
- PV : Photovoltaïque
- REX : Retour d'expérience
- RGE : Reconnu Garant de l'Environnement
- SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours
- SEM : Société d'Économie Mixte
- SER : Syndicat d'Énergie Renouvelable
- SRCAE : Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Énergie
- Zone de co-visibilité - Zone depuis laquelle il est possible, depuis l'espace public, d'apercevoir un panneau solaire et un bâtiment classé en même temps. La zone de co-visibilité peut fortement influencer la possibilité de poser des panneaux solaires dans la zone d'influence d'un bâtiment classé.

6. Annexes

6.1 Déroulé du questionnaire en ligne

Le déroulé du questionnaire

1. Quelle est la nature de votre structure ?
2. *Quel est le nom de votre structure ? (Facultatif)*
3. Quel est votre rôle dans les projets solaires photovoltaïques ?
4. Quelle est la catégorie d'installation PV la plus représentative de votre activité ?
5. Comment évaluez-vous le contexte actuel pour le développement de projets PV en toiture en Île-de-France ? Comment envisagez-vous l'évolution de ce même contexte dans le futur ?
6. Comment évaluez-vous le contexte actuel pour le développement de projets PV sur ombrières en Île-de-France ? Comment envisagez-vous l'évolution de ce même contexte dans le futur ?
7. Dans la liste ci-dessous, évaluez le niveau des difficultés rencontrées sur vos projets :
 - Difficultés avec les ABF
 - Enjeux de sécurité incendie
 - Gestion de la phase travaux
 - Rachat de l'électricité
 - Raccordement réseau
 - Gestion contractuelle
 - Risque de contentieux
 - Enjeux environnementaux
 - Stabilité du cadre réglementaire
 - Difficultés de financement
 - Rentabilité financière
 - Manque d'expertise ou de main d'œuvre qualifiée
 - Autres
 - a. *Si « Autres » sélectionné -> Pouvez-vous préciser ces autres difficultés ?*
8. Pouvez-vous décrire un ou plusieurs exemples concrets et/ou chiffres clés qui illustrent ces difficultés ?
9. Dans la liste ci-dessous, évaluez l'impact des atouts ayant favorisé vos projets :
 - Aides/Subventions
 - Recherche de financements
 - Baisse des factures
 - Sécurisation de l'approvisionnement en électricité
 - Tarif de rachat
 - Volonté d'engagement (RSE, exemplarité)
 - Autres atouts
 - a. *Si « Autres » sélectionné -> Pouvez-vous préciser ces autres atouts ?*
10. Pouvez-vous décrire un ou plusieurs exemples concrets et/ou chiffres clés qui illustrent ces atouts ?
11. Quels seraient, d'après vous, les principaux leviers permettant à la filière de se développer en Île-de-France ?
12. Quels sont, d'après vous, les principaux freins limitants le développement de la filière en Île-de-France ?
13. Constatez-vous que des travaux de toitures et/ou sur les parkings sont l'occasion d'étudier la possibilité d'installer des panneaux solaires photovoltaïques ?
14. Selon vous, pour quelles raisons choisit-on de réaliser des projets solaires photovoltaïques en toiture ou sur ombrières plutôt que d'autres projets EnR (dont centrales solaires photovoltaïques au sol) ?

6.2 Guide d'entretien téléphonique

Contexte

- Présentation succincte du contexte de l'étude.

Le cadre : une étude initiée par la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement, de l'Aménagement et des Transports d'Île-de-France (DRIEAT) dont la réalisation a été confiée au bureau d'étude Akajoule.

Face aux objectifs ambitieux de déploiement de panneaux photovoltaïques pour alimenter la production énergétique nationale, la région Île-de-France présente actuellement une capacité installée relativement faible alors que ses caractéristiques pourraient, a priori, en favoriser le développement.

- Rappel des objectifs de l'étude et du cadre dans lequel s'inscrit l'entretien.

L'objectif de cette étude est d'identifier les solutions qui permettront d'accélérer le déploiement des projets d'installation de panneaux photovoltaïques sur les bâtiments et parkings de la région.

C'est pourquoi nous vous contactons aujourd'hui : nous souhaitons recueillir vos ressentis, vos retours d'expérience quant au dynamisme actuel de la filière, et les potentiels leviers à activer pour accélérer le développement d'installations.

La personne interrogée sera invitée à donner des réponses précises et chiffrées dans la mesure du possible.

Informations diverses

- Nom de la structure/entreprise
- Quel type d'acteur ? (Public, coopérative, acteur technique ou BE...)
- Nature de l'activité

Chez un porteur de projet :

- Avez-vous porté des projets PV sur grandes toitures et/ou ombrières de parking en IDF ?
 - Si non,
 - Quelles en sont les raisons ? *Méconnaissance du sujet, manque d'accompagnement, lourdeurs administratives, soucis à cause du patrimoine...*
 - Développement d'autres sortes d'ENR
 - Quels ont été les principaux freins ? Et en avez-vous porté hors IDF ? (si oui pour quelles raisons ?)
 - Pourriez-vous envisager de nouveau de porter un projet PV en IDF ? Si oui, quelles conditions devraient être réunies ?
 - Si oui,
 - Quel type de projet (puissance, typologie...) ? Comment s'est déroulé le développement du projet ?
 - Le projet a-t-il vu le jour (date) ? Si non, pourquoi? Si oui, êtes-vous satisfait a posteriori de ce projet ?
 - Pourquoi avoir choisi le solaire PV sur toiture et ombrière ?
 - Avez-vous été accompagné (financièrement, techniquement...) dans votre démarche ? Par qui ?
 - Quel a été le coût du projet ? Bénéficiez-vous d'un subventionnement qui permette d'assurer la rentabilité du projet ?
 - Y-a-t-il eu des difficultés (dans la phase de prospection, développement, construction, maintenance...) et si oui lesquelles ?
- Quels seraient, d'après vous, les principaux leviers permettant à la filière de se développer en Île-de-France ?
- Quels sont, d'après vous, les principaux freins empêchant la filière de se développer en Île-de-France ?
- Avez-vous envisagé d'autres ENR, solaire thermique, PV au sol... ?

Chez une autre structure accompagnatrice

- Comment accompagnez-vous les porteurs de projet ? Et dans quel cadre ?
- Considérez-vous votre accompagnement comme suffisant ? Efficace ? ...
- Cela a-t-il amené au développement de projets ?
 - Si oui,
 - Auprès de quel type d'acteur ?
 - Quel type de projet ? *toiture, ombrière, sol*
 - Quelle gamme de puissance ?
 - Le projet a-t-il abouti ? Si non pourquoi ?
 - De quelle nature était l'accompagnement proposé ?
 - Quels ont été les leviers qui ont permis de faire émerger le projet ?
 - Quelles ont été les éventuelles difficultés à dépasser ?
 - Si non
 - Pourquoi ?
 - Quels ont été les freins majeurs ?
- Quels seraient, d'après vous, les principaux leviers permettant à la filière de se développer en Île-de-France ?
- Quels sont, d'après vous, les principaux freins empêchant la filière de se développer en Île-de-France ?
- Dans le cas où la structure a accompagné des porteurs de projets : Nous sommes à la recherche de retours d'expérience de porteurs de projet. Serait-il possible que vous nous transmettiez les références de certains projets ou les contacts des porteurs de projet afin que nous puissions recueillir leurs retours d'expérience ? Si ce n'est pas possible pour des raisons de confidentialité, pourriez-vous relayer le questionnaire que nous avons élaboré (et que vous avez probablement reçu) afin que nous puissions avoir leur retour « anonymement » ?

6.3 Étude bibliographique

L'ensemble des sources de données mobilisées au cours de l'étude bibliographique sont listées ci-dessous.

- Stratégies Régionales : SRCAE (Schéma Régional Climat Air Énergie)
- Données OpenData des gestionnaires de réseau (RTE et ENEDIS) par la plateforme ODRÉ (OpenDataRéseauxEnergie) :
 - Production nationale 2021
 - Registre national des installations de production et de stockage d'électricité (au 31/10/2022)
 - Consommation annuelle finale régionale d'électricité
- Outil TETE - ADEME
- Centre de ressource : photovoltaïque.info
- Ministère de l'Intérieur – Démarches administratives
- Bilan prévisionnel 2019 RTE - Précisions sur les bilans CO₂ établis dans le bilan prévisionnel et les études associées
- Fraunhofer ISE - Photovoltaics report - Juillet 2021. © Fraunhofer ISE, traduction Hespul.
- Charles AS Hall – EROI of different fuels and the implications for society
- Analyse de Cycle de Vie réalisées par le NREL (Laboratoire National des Énergies Renouvelables, aux États-Unis)
- Règlement du parlement européen et du conseil relatif aux subventions étrangères faussant le marché intérieur – 2021

6.4 Recyclage des panneaux solaires photovoltaïques

Recyclage

Les panneaux photovoltaïques ont une durée de vie moyenne de 30 ans lorsqu'ils sont aux normes françaises et européennes.

La majorité des matériaux composant les panneaux solaires est recyclable : soit environ 95% de sa masse²⁹. De plus, la filière du recyclage est déjà organisée : en France, c'est SOREN (anciennement PV-Cycle), un éco-organisme à but non lucratif qui supervise ainsi la gestion de la fin de vie des modules. Il a pour rôle de collecter l'éco-participation afin de financer le système de collecte et de recyclage. Cette éco-participation est payée par les fabricants de modules lors de leur mise sur le marché français : le recyclage de chaque panneau est donc déjà financé dès son achat. La collecte et le recyclage sont sous-traités à des organismes spécialisés, sélectionnés lors d'appels d'offre émis par SOREN, devant remplir des critères précis provenant des exigences légales du cahier des charges, imposé par le ministère de la transition écologique à SOREN.

SOREN organise la collecte des panneaux photovoltaïques sur toute la France et les achemine vers 3 centres de traitements situés à Toulouse, Bordeaux et Lille.

Une fois les opérations de recyclage réalisées et les matériaux extraites, les filières de valorisation sont celles de la production de modules photovoltaïques, mais aussi les filières traditionnelles des matières premières secondaires comme le verre et l'aluminium ainsi que le marché des métaux pour le cuivre, l'argent, le cadmium, le tellure, etc. Concernant les terres rares, la très grande majorité des panneaux photovoltaïques actuels sont au silicium et par conséquent n'ont pas de terres rares dans leurs compositions. Seul un petit pourcentage, ceux issus de la technologie des « couches minces » en utilisent.

²⁹Source : le site Photovoltaïque.info

6.5 Analyse comparée du développement de la filière dans d'autres Régions

Trois entretiens ont été menés avec des acteurs de la filière photovoltaïque sur d'autres territoires avec un niveau d'ensoleillement comparable :

- Un réseau d'animation de la filière en région Pays de la Loire et Bretagne : ATLANSUN
- Un réseau d'animation de la filière en Région Grand Est : CAP À L'EST
- Un acteur privé développeur de projets sur la région Bretagne : ENTECH

Ces trois entretiens ont été complétés des retours d'expérience de 2 collectivités (Bretagne et Centre-Val-de-Loire).

Les synthèses des échanges sont présentées ci-dessous :



- **Statut de la structure** : Association loi 1901
- **Date de création** : 2012
- **Territoire d'intervention** : Pays de la Loire et Bretagne
- **Budget de fonctionnement annuel** : 600 k€
- **Financement** : 25% adhésion, 25% Régions (Pays de la Loire et Bretagne), 25% ADEME, 25% fonds FEDER
- **Membres** : 220 – (développeurs de projets et producteur, professionnels de la filière, syndicats d'énergie et collectivités, gestionnaire de réseau, assurance et banque)
- **Ressources humaines** : 9 salariés
- **Missions** :
 - Stimulation du marché
 - Centre de ressources (boîte à outils)
 - Accompagnement du développement et du maintien des savoir-faire et de la compétitivité de la filière
 - Innovation et évolution réglementaire
- **Dynamisme du développement PV sur le territoire** :
 - Très dynamique (x2 sur le nombre de raccordements et la puissance installée entre juin 2012 et juin 2022)
- **Forces des régions Bretagne et Pays de la Loire**
 - Territoires avec une capacité à travailler en réseau
 - Syndicats d'énergie très structurés pour porter les projets de production d'énergie renouvelable
 - Une structuration de filière effective depuis 10 ans, qui mêle à la fois le monde économique et le monde public
- **Faiblesses des régions Bretagne et Pays de la Loire**
 - Faible ensoleillement
- **Défis à relever pour la filière** : la complexité réglementaire, le manque de moyen pour faire face à l'augmentation des demandes d'opérations de raccordement, attractivité des métiers, évolution des PLU(i) en adéquation avec les évolutions techniques, l'organisation des collectivités publiques pour répondre aux défis de la transition énergétique, établir une norme DTU pour les procédés photovoltaïques pour faciliter l'assurabilité des projets.
- **Recommandations**

Pour développer les modèles d'affaires photovoltaïque, il est important de mettre en place le développement d'une filière photovoltaïque durable structurée qui allie le monde économique et le monde publique. **ATLANSUN se tient à la disposition des acteurs de la filière en Ile de France pour partager l'expérience acquise sur son territoire.**



- **Statut de la structure** : Association loi 1901 (depuis mars 2021)
- **Date de création** : 2019
- **Territoire d'intervention** : Alsace mais déploiement en Grand Est planifié
- **Budget de fonctionnement annuel** : 20 k€ + apport en temps passés bénévoles (CCI, Région et autres adhérents)
- **Financement** : adhésions
- **Membres** : 26 – (professionnels de la filière essentiellement)
- **Ressources humaines** : 1 salarié
- **Missions** :
 - Organiser et activer la filière
 - Animation de la filière et retours d'expérience sur les projets photovoltaïques
 - Faire monter en compétence les distributeurs et les installateurs
- **Dynamisme du développement PV sur le territoire** :
 - **Meilleure dynamique au nord de la Loire en France**
 - 1^{er} semestre 2022 : 79 MW installés en Grand Est (contre 35 MW en Île-de-France)
- **Forces de la Région Grand Est**
 - Action mise en place dans le cadre de la fermeture de la centrale de Fessenheim : mouvement fédérateur
 - Disponibilité du foncier : de nombreuses friches (anciennes bases de l'OTAN + anciens sites industriels suite à la désindustrialisation)
 - Forte culture environnementale
 - Un programme d'action et de financement commun ADEME / Région : Climaxion
 - étude de faisabilité pour évaluer l'intérêt de l'autoconsommation collective prise en charge à 70%
 - Financement de 3 animateurs pour animer des collectifs citoyens
- **Faiblesses de la Région Grand Est**
 - Faible ensoleillement
 - Structuration récente et encore en cours
- **Défis à relever pour la filière solaire globale** : diffuser la technologie photovoltaïque à de futurs utilisateurs (collectivités, industriels, agriculteurs, particuliers...)
- **Recommandations pour l'Île-de-France**

Pour développer les modèles d'affaires photovoltaïque, il est nécessaire de structurer la filière et fédérer les acteurs publics et privés déjà en place sur le sujet (entreprises, collectif, collectivités...)



- **Statut de la structure :** SA
- **Date de création :** 2016
- **Territoire d'intervention :** Bretagne
- **Missions :** Installateur de projets photovoltaïques en toiture, sur ombrières ou au sol.
- **Clients :** Collectivités publiques, secteur agricole, secteur industriel
- **Dynamisme du développement PV sur le territoire d'action :**
 - Très bonne dynamique depuis quelques années en Bretagne sur le secteur agricole
 - Récemment : forte accélération pour le tertiaire et industrie, en particulier les gros consommateurs d'énergie
- **Forces de la filière solaire nationale**
 - Contexte actuel sur le prix de l'énergie
- **Faiblesses de la filière solaire nationale**
 - **Investissement :** sur l'existant les installations photovoltaïques nécessitent de lourds travaux de rénovation qui impactent fortement la rentabilité des projets. Sur le bâti neuf, le manque de prise en compte du lot photovoltaïque par la maîtrise d'œuvre ou les architectes en amont nécessite souvent des investissements supplémentaires pour pouvoir ajouter une installation photovoltaïque.
 - **Assurance :** très complexe et chronophage de faire assurer des projets sur des bâtiments existants.

- **Recommandations pour l'Île-de-France**

Pour favoriser le développement du solaire dans les collectivités, l'existence des syndicats d'énergie est un réel atout, afin « d'industrialiser » et professionnaliser les projets.

Par ailleurs, pour aider à la compétitivité de la filière, il serait utile pour les pouvoirs publics d'intervenir financièrement pour les opérations de rénovation très souvent nécessaires à l'installation d'une structure PV sur un bâti existant (désamiantage, rénovation toiture – dont rénovation thermique). Cela permettrait de réduire l'investissement et d'accélérer la rentabilité de la solution.

Enfin, la densité du bâti en Île-de-France constitue une bonne opportunité pour étudier la mise en place de grappes de producteurs / consommateurs en autoconsommation.



**PRÉFET
DE LA RÉGION
D'ÎLE-DE-FRANCE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Date dépôt légal : Octobre 2023
Numéro ISBN : 978-2-11-172413-6

Direction régionale et interdépartementale de l'environnement,
de l'aménagement et des transports d'Île-de-France
DRIEAT, Site du Ponant 27 rue Leblanc
CS 57246 - 75732 PARIS CEDEX 15
Tél: 33 (+1) 40 61 80 80
www.drieat.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr