



## GUIDE



# Intégration du photovoltaïque dans une opération de logement social



Mars 2018

Financé par :



Réalisé par :



- Maîtrise d'ouvrage :** AROSH PC - UR Hlm en Nouvelle-Aquitaine  
Union sociale pour l'habitat
- Maîtrise d'œuvre :** Centre Régional des Énergies Renouvelables  
Hespul
- Financement :** AROSH PC - UR Hlm en Nouvelle-Aquitaine  
Union sociale pour l'habitat  
Direction régionale de l'ADEME Nouvelle-Aquitaine  
Région Nouvelle-Aquitaine
- Document réalisé avec la participation de :** Habitat 17  
Habitat Nord Deux-Sèvres  
SEMIS  
EKIDOM  
Cluster Eco-Habitat Limousin Poitou-Charentes  
Associations territoriales membre de l'Union Régionale Hlm en Nouvelle-Aquitaine
- Première de couverture :**  
SEMIS, opération Les Tilleuls à Saintes (17)  
OPH de l'Angoumois, Cité Pierre Camus à Angoulême (16)  
EKIDOM, Résidence intergénérationnelle des Montgorges à Poitiers (86)  
Habitat 17, opération Les Figuiers à Royan (17)  
Habitat Nord Deux-Sèvres, opération du quartier de la Gare à Bressuire (79)

# ÉDITO

« Depuis plusieurs années maintenant, le Mouvement Hlm poursuit son objectif de développement d'un habitat de qualité, à la fois durable et économe en charges pour les locataires. Le recours à l'énergie solaire photovoltaïque constitue un des vecteurs de ce développement. C'est dans cet esprit qu'un outil d'aide à la décision, composé d'un guide et de fiches pratiques pour l'intégration du photovoltaïque dans une opération de logement social, avait vu le jour il y a cinq ans dans le cadre d'une étude partenariale coordonnée par le Mouvement Hlm.

La filière photovoltaïque a depuis connu des évolutions importantes, tant sur les plans réglementaire et technologique qu'en termes de compétitivité économique. Ces avancées ont conduit l'AROSH PC – UR Hlm en Nouvelle-Aquitaine à poursuivre avec l'appui du CRER les réflexions engagées dans ce domaine, à travers notamment l'adaptation du livrable existant et l'accompagnement d'opérations d'autoconsommation collective.

Ces évolutions ouvrent de nouvelles possibilités pour les organismes de logement social en leur permettant notamment de se positionner en tant que producteur d'énergie. Cette nouvelle édition du guide vise à leur apporter toutes les clés pour appréhender les enjeux et opportunités liés à ces projets ».

**Christian RIBBE, Président de l'AROSH PC – UR Hlm en Nouvelle-Aquitaine**

« Depuis quelques années, le secteur de l'énergie connaît de profondes mutations. De nouvelles approches, de plus en plus décentralisées, émergent pour produire et distribuer l'énergie. Injectée hier en totalité sur le réseau, l'énergie se retrouve aujourd'hui autoconsommée sur site ou mutualisée à différentes échelles locales. Pour de nombreux organismes Hlm, développer des systèmes de production d'énergie photovoltaïque et favoriser l'autoconsommation, c'est apporter des réponses pertinentes aux dynamiques de transitions sociétales et environnementales, et c'est contribuer à l'accompagnement des politiques territoriales de l'énergie et de l'environnement. C'est dans ce contexte que l'Union Sociale pour l'Habitat a souhaité s'associer à cette étude qui vise à aider les organismes Hlm dans le montage d'installations photovoltaïques. A l'initiative de l'AROSH PC – UR Hlm en Nouvelle-Aquitaine, l'étude expose des outils d'aide à la décision et décrit les conditions de réussite de ces installations. Elle présente également les dernières avancées permettant l'autoconsommation collective de l'énergie produite ».

**Frédéric PAUL, Délégué Général de l'Union sociale pour l'habitat**

« Ce guide apporte un éclairage sur le changement de paradigme qu'opère la filière photovoltaïque en France, sous l'effet de la compétitivité et de l'atteinte partielle de la parité réseau à partir de 2017. Pour certains secteurs d'activités, la production photovoltaïque est souvent synchrone avec les consommations, et l'autoconsommation fait désormais sens. L'objectif de cet outil est de présenter, de manière objective, les points de vigilance et indicateurs de performance des systèmes solaires électriques notamment pour l'autoconsommation collective. Sans revenir en détail sur la conception des installations ni se substituer au travail des bureaux d'études, ce guide vise à accompagner les maîtres d'ouvrage, de façon simple et didactique, sur la compréhension des enjeux des différents schémas d'utilisation de l'énergie produite. L'autoconsommation, en particulier lorsqu'elle est collective, est un sujet dont la mise en œuvre et le cadre juridique sont extrêmement récents ; une attention particulière sera portée aux évolutions à moyen terme. Le développement du photovoltaïque doit par ailleurs se faire en cohérence avec les autres filières de production d'énergie renouvelable notamment thermique, qui concourent également à répondre aux besoins énergétiques des logements sociaux. »

**Lionel POITEVIN, Directeur Régional de l'ADEME en Nouvelle-Aquitaine**

« La Région Nouvelle-Aquitaine souhaite faire de la Transition énergétique un levier de développement économique, d'innovation et d'amélioration de la qualité de vie des habitants. Elle soutient la réhabilitation énergétique des logements sociaux et les installations d'énergies renouvelables, afin de permettre aux locataires du parc social de bénéficier de logements de qualité peu énergivores et de stabiliser les charges associées. Avec une palette de valorisations possibles de l'électricité photovoltaïque et la diminution des coûts d'installation, la Région souhaite encourager les bailleurs sociaux à intégrer la production d'électricité renouvelable dans leurs programmes de construction et de réhabilitation de logements. La Région Nouvelle-Aquitaine apporte ainsi son soutien à la seconde publication de ce guide opérationnel, actualisé et enrichi de retours d'expériences, et accompagne les démarches d'autoconsommation, aujourd'hui expérimentales et innovantes ; à coup sûr, généralisées demain. »

**Alain ROUSSET, Président du Conseil Régional Nouvelle-Aquitaine**

# SOMMAIRE

## 1 PRÉAMBULE

1.1 Contexte de l'élaboration du guide .....	5
1.2 A qui s'adresse-t-il ? .....	5
1.3 Comment est-il organisé ? .....	6
1.4 Comment peut-on l'utiliser ? .....	6

## 2. CONTEXTE ET NOTIONS GÉNÉRALES

2.1 Éléments techniques .....	7
2.2 Installation et applications .....	8
2.3 Valorisation de l'électricité photovoltaïque .....	8

## 3. CONDUITE D'UN PROJET PHOTOVOLTAÏQUE

3.1 Description du déroulement d'une opération .....	11
3.2 Acteurs .....	12

## 4. PHASE MONTAGE DE PROJET

4.1 Intérêts d'une installation photovoltaïque .....	15
4.2 Aide à la décision .....	16
4.3 Montage juridique .....	19
4.4 Phase Programmation .....	19

## 5. PHASE CONCEPTION

5.1 Principes de conception technique .....	23
5.2 Déroulement des études de conception .....	23

## 6. PHASE TRAVAUX

6.1 Étapes préalables à l'exécution des travaux .....	29
6.2 Étapes du chantier .....	31
6.3 Réception .....	33
6.4 Finalisation du projet .....	34

## 7. PHASE VIE DE L'INSTALLATION

7.1 Suivi de l'installation .....	35
7.2 Entretien et maintenance .....	35
7.3 Assurances .....	37
7.4 Garanties .....	38
7.5 Démontage et recyclage .....	39

## 8. GLOSSAIRE .....

41

## 9. RÉFÉRENCES .....

42

# PRÉAMBULE

## 1.1 CONTEXTE DE L'ÉLABORATION DU GUIDE

Le secteur du bâtiment est aujourd'hui le premier consommateur d'énergie en France. Si les performances énergétiques et environnementales du patrimoine Hlm sont meilleures que celles du reste du secteur résidentiel, les organismes de logement social continuent de s'engager pour mettre en œuvre le développement durable à travers leur stratégie patrimoniale. Les organismes ont conscience du rôle moteur qu'ils peuvent jouer dans l'expérimentation et la mise en œuvre de solutions visant à réduire à la fois les consommations énergétiques et mieux maîtriser les charges payées par les locataires.

Accroître le recours aux énergies renouvelables, et notamment à l'énergie photovoltaïque, semble en ce sens une opportunité et une condition pour l'amélioration de la performance énergétique des logements sociaux.

C'est dans ce cadre qu'une étude, coordonnée par l'AROSH PC et l'USH, a été réalisée entre 2011 et 2013.

Cette démarche a rassemblé l'ensemble des maîtres d'ouvrages Hlm picto-charentais, et ses enseignements ont été largement diffusés, par le biais de l'USH notamment, dans la mesure où les problématiques de développement des énergies renouvelables sont partagées au niveau national.

Cette étude s'est par ailleurs inscrite dans le cadre du Plan Solaire Régional, visant à favoriser l'installation de panneaux photovoltaïques afin d'accroître la production décentralisée d'énergies renouvelables, développer l'emploi et la filière photovoltaïque en région et atteindre les objectifs fixés par l'Union européenne de 20 % d'énergie renouvelable en 2020.

Aussi depuis 2013, la filière photovoltaïque a connu des évolutions importantes sur les plans technologique, juridique ainsi qu'en terme de compétitivité de la filière :

- Une compétitivité croissante avec un coût du kWh photovoltaïque produit en constante baisse et aujourd'hui entre 9 et 19 c€/kWh photovoltaïque produit,
- Un prix d'achat de l'électricité au réseau de plus en plus élevé (de 7 à 14 c€/kWh),
- Un tarif d'obligation d'achat de l'électricité photovoltaïque toujours en baisse (de 11 à 23 c€/kWh) orientant le marché vers l'autoconsommation,
- Une modification de la prise en compte de l'intégration et de la notion de puissance dans le cadre de la fixation des tarifs d'obligation d'achat,
- Un développement important des bâtiments à énergie positive en préfiguration des futures réglementations thermiques,
- La publication de l'ordonnance du 27 juillet 2016 définissant juridiquement les notions d'autoconsommation et d'autoconsommation collective ouvrant des opportunités de développement de l'autoconsommation particulièrement dans le logement social.

Compte-tenu des évolutions intervenues ces dernières années, l'AROSH PC-UR Hlm en Nouvelle-Aquitaine a souhaité engager, dans le cadre de son partenariat étroit avec le Centre Régional des Energies Renouvelables, la poursuite des travaux déjà réalisés afin de donner aux organismes les moyens d'intégrer plus facilement le photovoltaïque dans leurs opérations.

Dans le cadre d'une approche globale, ce livrable à destination des organismes de logement social couvre tous les aspects du montage d'un projet intégrant du photovoltaïque (aspects juridiques, techniques, économiques, architecturaux, etc.) et apporte des réponses sur les impacts techniques et d'usages de l'autoconsommation de l'électricité produite.

## 1.2 À QUI S'ADRESSE-T-IL ?

Ce document est destiné aux organismes de logement social souhaitant mener à bien une opération photovoltaïque sur leur patrimoine.

Il peut également intéresser tous les acteurs de la construction désireux de réaliser une opération photovoltaïque.

## 1.3 COMMENT-EST-IL ORGANISÉ ?

Ce guide aborde :

- Une courte description des étapes, du calendrier et des acteurs d'une opération photovoltaïque,
- Une description détaillée des éléments clés nécessaires au maître d'ouvrage à chaque phase de son opération photovoltaïque,
- Une série de fiches décrivant plus en détails les éléments dont les données peuvent évoluer dans le temps.

 Les informations clés pour le maître d'ouvrage sont présentées sous cette forme dans l'ensemble du guide.

 FICHE

Le renvoi vers les fiches est présenté sous cette forme dans l'ensemble du guide.

## 1.4 COMMENT PEUT-ON L'UTILISER ?

Ce guide peut s'utiliser de plusieurs façons :

Une lecture complète pour la vision globale d'un projet photovoltaïque.

Une lecture par recherche de points précis qui peut s'effectuer :

- **Par fiche technique**

Les fiches techniques regroupent soit des informations techniques générales, soit des informations très conjoncturelles. Ces informations sont très dépendantes de la date de rédaction de la fiche.

- **Par phase du projet** concernée (montage, programmation, conception, réalisation, exploitation), en se référant aux indications suivantes :

	MONTAGE					CONCEPTION		TRAVAUX		EXPLOITATION/ FIN DE VIE	
	Idée	Faisabilité	Programmation	Consult MOE	Procédures	Conception	Marché de travaux	Travaux	Procédures	Vie de l'installation	Démontage
Maître d'ouvrage	4.1	4.2/4.3	4.4	4.4	4.4	5		6	6.4	7	7.5
Assistance à Maîtrise d'Ouvrage	4.1	4.2/4.3	4.4	4.4	4.4	5			6.4	7	
Maître d'œuvre				4.4	4.4	5	6	6			
Contrôleurs Coordonnateur SPS						5	6	6			
Entreprises								6			

Un glossaire a également été intégré en fin de guide, ainsi que les références pour aller plus loin.

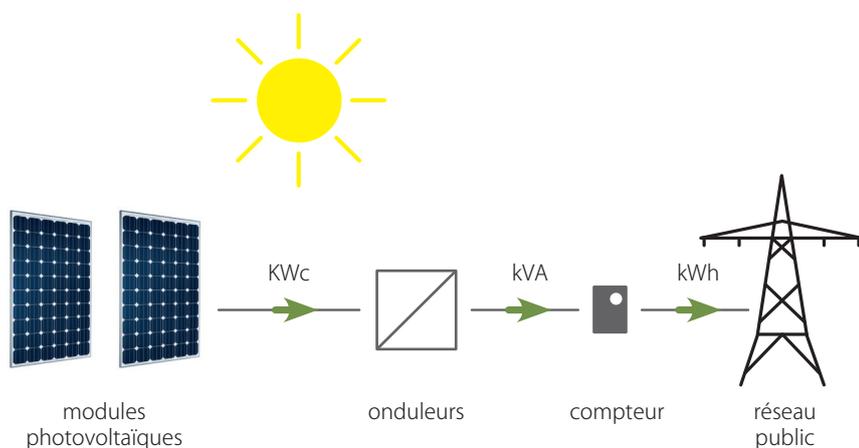
# CONTEXTE ET NOTIONS GÉNÉRALES

## 2.1 ÉLÉMENTS TECHNIQUES

Une installation photovoltaïque est un système de production d'énergie électrique fonctionnant grâce à la lumière naturelle.

Le principe physique mis en jeu, l'effet photovoltaïque, repose sur la capacité de certains matériaux à transformer l'énergie lumineuse en énergie électrique. Au sein du système, cette fonction est assurée par les modules ou panneaux photovoltaïques qui, d'un point de vue électrique, sont des générateurs de courant continu. Un ou plusieurs onduleurs, placés en sortie des modules, vont convertir ce courant continu en courant alternatif synchronisé sur la fréquence du réseau public. Ainsi l'électricité issue de l'installation photovoltaïque pourra être utilisée directement pour n'importe quelle application. Divers composants électriques classiques vont compléter le système qui sera ainsi conforme aux normes électriques et pourra être raccordé au réseau électrique par l'intermédiaire d'un branchement, comprenant entre autres un compteur de l'énergie injectée.

Un module photovoltaïque est caractérisé par son rendement surfacique exprimé en %, qui est le rapport entre l'énergie lumineuse reçue et l'énergie électrique délivrée. Celui-ci est de l'ordre de 17 % pour la technologie au silicium cristallin la plus largement répandue sur le marché.



**Schéma d'ensemble d'un système photovoltaïque.**

(Adaptation tirée de « Solar Generation 6 », EPIA/Greenpeace, Fév. 2011)



**Les conditions optimales de captage de l'énergie solaire par les modules sont une inclinaison de 30° et une orientation sud.**

### LES UNITÉS

L'unité de puissance d'un système photovoltaïque est le kilo Watt-crête ou kWc, qui est la puissance délivrée par le module dans des conditions de test de référence. En réalité, un système photovoltaïque produit à puissance variable, celle-ci étant fonction de l'ensoleillement.

En sortie d'onduleurs, la puissance du système, en général légèrement inférieure à la puissance crête, est exprimée en Volt-Ampère ou VA. Il s'agit de la puissance active qui va être injectée sur le réseau public de distribution. Cette énergie électrique est comptabilisée annuellement en kilo-Watt-heure ou kWh/an.

## 2.2 INSTALLATION ET APPLICATIONS

Historiquement destinée à des applications isolées (satellites, refuges, balises...), la technologie photovoltaïque est désormais reconnue comme moyen de production d'énergie renouvelable et concourt à la production électrique mondiale à hauteur de 1.8 % avec 300 GWc installés fin 2016. La configuration la plus répandue est actuellement le photovoltaïque raccordé au réseau électrique.

Les supports des modules peuvent être posés **au sol** ou fixés **en toiture** : il existe une grande diversité de systèmes de montage. La famille des films photovoltaïques regroupe quant à elle des composants souples pouvant être solidaires d'une étanchéité plastique ou d'une couverture métallique.

### EXEMPLE POUR UNE INSTALLATION EN TOITURE

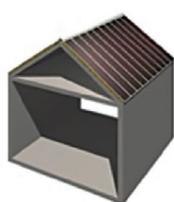
10 m<sup>2</sup> installés développent une puissance d'environ 1.2 kWc.

Ce qui correspond pour le climat de Saintes (17) à ~1350 kWh/an soit environ 50 % de la consommation annuelle d'électricité spécifique d'un ménage (Source AREC).

(Source : SUPSI, Swiss-BIPV Competence Center)



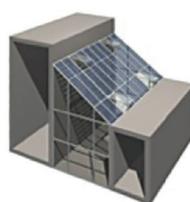
Tuiles



Panneaux métalliques



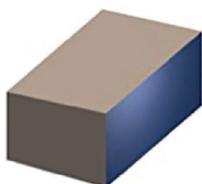
Membranes imperméables



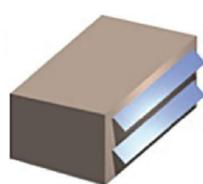
Vitrages



Sheds



Éléments pour façades



Brise-soleils



Garde-corps



Surtoiture

**FICHE B**  
Implantation au bâti

## 2.3 VALORISATION DE L'ÉLECTRICITÉ PHOTOVOLTAÏQUE

Il existe trois modèles principaux de valorisation financière de l'électricité photovoltaïque :

- Vente de la totalité de la production,
- Vente du surplus de la production (autoconsommation partielle),
- Autoconsommation totale.

### 2.3.1 Vente de l'électricité

Afin d'encourager la production d'énergies renouvelables, un dispositif de soutien de la filière photovoltaïque a été mis en place en France dès 2002, avec l'octroi d'un tarif d'achat de l'électricité produite supérieur au prix du marché par des acheteurs obligés, EDF ou les entreprises locales de distribution (ou tout autre organisme agréé).

Cette obligation d'achat est financée par une partie de la Contribution au Service Public de l'Électricité (CSPE).

Les conditions tarifaires pour les installations sur bâtiment de puissance inférieure ou égale à 100 kWc sont définies par un arrêté tarifaire.

Pour les installations de puissance supérieure, il est nécessaire de candidater à des appels d'offres publiés par l'État et de proposer un prix d'achat.

Cette vente s'effectue via l'injection de l'électricité produite sur le réseau public de distribution. Le producteur photovoltaïque, pendant la vie de son installation, sera donc titulaire d'un **contrat de raccordement** avec le gestionnaire de réseau et d'un **contrat d'obligation d'achat** avec l'acheteur obligé.

**FICHE H**  
Raccordement au réseau

**FICHE G**  
Achat de l'électricité

Le producteur peut également vendre son électricité en réalisant un contrat de gré à gré avec un autre acheteur dont le prix d'achat sera à fixer librement, ou à des consommateurs associés à une opération d'autoconsommation collective.

## 2.3.2 L'autoconsommation

L'autoconsommation est un mode d'exploitation qui vise à répondre aux besoins électriques du bâtiment sur lequel est installé le système photovoltaïque avec sa propre production. Cette configuration permet de s'affranchir d'une partie de la consommation d'électricité provenant du réseau électrique et de faire ainsi des économies sur la facture de consommation.

On peut cependant noter que la part physique d'autoconsommation, à savoir la quantité d'électrons en provenance des panneaux photovoltaïques et en direction de l'installation électrique intérieure, sera la même que l'énergie soit vendue via un contrat d'achat ou non. Ainsi, un raccordement en vente totale peut prétendre à l'autoconsommation physique de sa propre production à certaines heures de la journée. C'est pourquoi on distingue l'autoconsommation du point de vue du flux électrique ou du point de vue du flux financier.

En pratique, les panneaux photovoltaïques ne produisent de l'électricité qu'en plein jour, lorsqu'ils sont éclairés. En l'absence de stockage, l'autoconsommation n'est possible qu'en période de simultanéité de la consommation et de la production. La part d'autoconsommation est très variable en fonction du profil de consommation et de production. La gestion de la part d'énergie qui ne sera pas consommée sur place va dépendre du type de raccordement électrique envisagé.

L'autoconsommation peut s'envisager de manière individuelle ou collective :

### L'autoconsommation individuelle :

Les deux cas les plus couramment envisagés sont :

- L'autoconsommation partielle avec injection des excédents (vente du surplus ou cession d'énergie non rémunérée).

En vente de surplus, l'électricité non consommée est vendue de gré à gré ou dans le cadre d'un contrat d'achat et le raccordement est simplifié par rapport à de la vente totale.

- L'autoconsommation totale (sans injection).

En autoconsommation totale, le producteur s'engage à ne rien injecter. L'installation peut alors être bridée pour assurer la non injection au réseau et il n'y a dans tous les cas pas de frais de raccordement au réseau.

L'utilisation d'un système de stockage de l'électricité, s'envisage dans une logique de renforcement de l'autonomie ou d'optimisation des charges liées à l'accès au réseau.

### ATTENTION À BIEN DISTINGUER :

Logement individuel et collectif qui évoquent des typologies de bâti différentes.

Autoconsommation individuelle et collective qui distingue des solutions techniques, juridiques et administratives différentes.

Les deux types d'autoconsommation peuvent être réalisés sur les deux typologies de bâti.

 Dans un immeuble collectif, l'autoconsommation individuelle avec ou sans injection de surplus est pertinente uniquement sur les communs.

### L'autoconsommation collective :

Ce principe permet à des consommateurs et des producteurs de se réunir au sein d'une entité morale afin de se répartir la production locale en utilisant le réseau public. Le logement social est une cible privilégiée, réunissant des conditions favorables au développement de l'autoconsommation collective.

 **FICHE C**  
Autoconsommation

Étant donné la durée d'exploitation d'une installation photovoltaïque (supérieure à 25 ans), il peut être dès aujourd'hui pertinent d'étudier les atouts et contraintes de l'autoconsommation en prenant en compte l'évolution du coût de l'électricité du réseau.



*Opération Les Vergers de Grimoire (EKIDOM) à Poitiers (86)*



# 3

## CONDUITE D'UN PROJET PHOTOVOLTAÏQUE

Ce paragraphe décrit le déroulement d'une opération photovoltaïque ainsi que ses acteurs. Le calendrier d'opération permet de faire le lien avec les autres sections du guide.

### 3.1 DESCRIPTION DU DÉROULEMENT D'UNE OPÉRATION

Un projet photovoltaïque intégré au bâtiment s'insère parfaitement dans les opérations courantes de rénovation et de construction neuve, et se concrétise par la mise en service de l'installation, date à partir de laquelle l'électricité sera effectivement injectée sur le réseau.

À l'image de la plupart des opérations, un tel projet se déroule en trois temps : la conception, la réalisation et l'exploitation. On peut ajouter à ceux-ci une phase préalable de maturation du projet qui va s'inscrire dans une démarche plus globale de développement durable de l'organisme, ainsi que celle de démontage et de retraitement de l'installation avec la récente entrée des modules photovoltaïques dans la directive relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques en fin de vie.

	<b>MONTAGE</b> 3 à 6 mois	<b>CONCEPTION</b> 6 à 9 mois	<b>RÉALISATION</b> 1 à 3 mois	<b>EXPLOITATION</b> 20 à 30 mois	<b>FIN DE VIE</b>
Technique	Opportunité Faisabilité <sup>(1)</sup>	Dimensionnement Consultation	Travaux Mise en service	Maintenance Suivi	Démontage
Économique	Faisabilité	Financement <sup>(3)</sup> Tarif <sup>(5)</sup>	Contrat Achat <sup>(5)</sup>	Facturation <sup>(6)</sup> Charges	
Administratif	Prog. Montage juridique <sup>(2)</sup>	Urbanisme Démarches racc. <sup>(4)</sup>	Contrat Racc. <sup>(4)</sup>	Gestion	Recyclage

(Source : HESRU)

Calendrier simplifié d'une opération.

<sup>(1)</sup> En autoconsommation, l'étude de faisabilité intègre l'analyse du taux d'autoconsommation et d'autoproduction.

<sup>(2)</sup> En autoconsommation collective, le montage juridique consiste en plus qu'un projet classique à définir la personne morale et obtenir le consentement des consommateurs à entrer dans l'opération d'autoconsommation.

<sup>(3)</sup> Le plan de financement définitif est construit sur la base du tarif d'achat (ou du coût du kWh acheté au réseau et son évolution) et du montant d'investissement réel.

<sup>(4)</sup> La demande de raccordement nécessite une autorisation d'urbanisme obtenue et que le choix de matériel soit arrêté. Pour le bénéfice de l'obligation d'achat, la date de complétude du dossier détermine le tarif d'achat. Pour les installations en autoconsommation, les démarches et les contrats de raccordement peuvent différer selon la configuration choisie (autoconsommation individuelle ou collective, avec ou sans injection, etc.). Il est dans tous les cas obligatoire de se déclarer auprès du gestionnaire de réseau.

<sup>(5)</sup> Uniquement dans le cas de vente de la production. Dans le cas de l'autoconsommation collective, un contrat sera signé avec les consommateurs associés pour fixer le montant de vente de l'électricité photovoltaïque.

<sup>(6)</sup> La durée de l'obligation d'achat est de 20 ans. Au-delà, l'électricité sera vendue au prix du marché ou au prix fixé dans le cadre d'un contrat de gré-à-gré. Dans le cadre d'une opération d'autoconsommation collective, la facturation évoluera selon le nombre de consommateurs associés à l'opération.

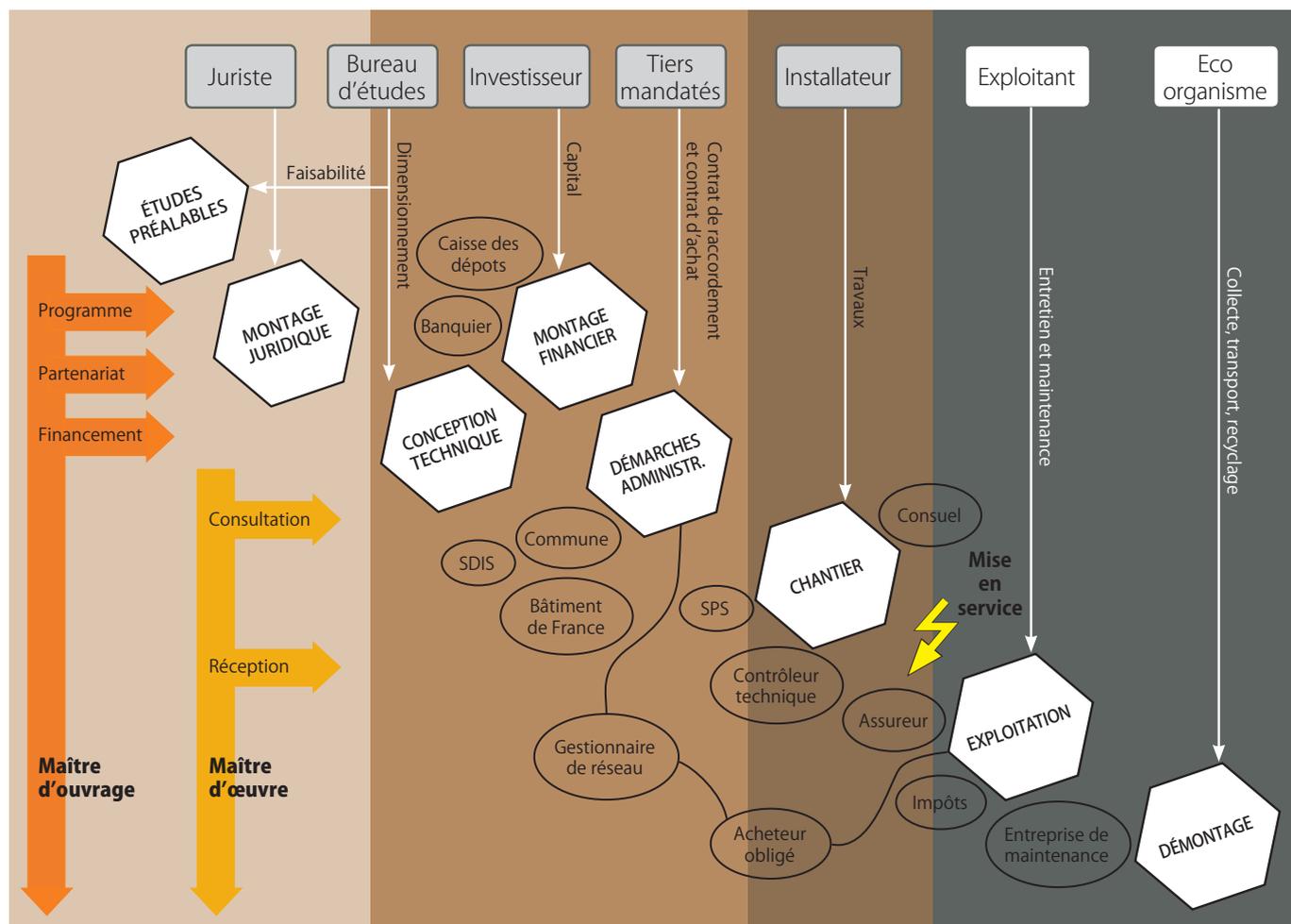
Bien que la part de technicité reste incontournable, la réussite d'un projet s'appuiera aussi sur un plan de financement solide et une gestion attentive des démarches administratives. Une opération photovoltaïque d'envergure patrimoniale pourra faire l'objet d'une réorganisation interne avec la mise en place d'une équipe projet et de son pilote accompagné des ressources adéquates.

Le parcours du porteur de projet passera nécessairement par :

- Une étude de faisabilité initiale qui dimensionnera le projet en termes de travaux et de montant d'investissement et pointera les contraintes inhérentes au site,
- Le montage du projet qui déterminera le maître d'ouvrage, les parties prenantes du tour de table financier et le futur exploitant,
- L'obtention d'une autorisation d'urbanisme et d'un contrat avec le gestionnaire de réseau,
- Le choix d'un maître d'œuvre, le dimensionnement technique, la consultation des entreprises et le marché de travaux ainsi que leur réalisation,
- La mise en place de l'exploitation passant par l'obtention d'un éventuel contrat d'achat et la facturation de l'électricité produite, l'assurance de l'installation, la conclusion d'un contrat de maintenance et le paiement des diverses taxes et impôts.

**!** C'est la date de demande complète de raccordement qui fige le tarif d'obligation d'achat.

### 3.2 ACTEURS



Les acteurs d'un projet photovoltaïque et leur implication.

Selon le montage juridique choisi, certains acteurs se substituent à d'autres. Selon les configurations (vente ou autoconsommation), certains acteurs ne seront pas sollicités.

**FICHE E**  
Montage juridique et financier

### 3.2.1 Le maître d'ouvrage

Le maître de l'ouvrage est l'organisme pour lequel l'installation est réalisée. Il peut également s'agir de l'opérateur qui va prendre en charge cette réalisation pour son propre compte, en louant l'élément constructif (en général la toiture) de l'organisme sur lequel la solution photovoltaïque est intégrée.

Outre les actions classiques du maître d'ouvrage (montage, programmation, suivi), celui-ci est soumis à des obligations et démarches, qui pour un projet photovoltaïque sont :

- Le contrôle technique,
- La coordination sécurité-protection de la santé,
- L'assurance dommages ouvrage le cas échéant,
- Le raccordement au réseau,
- La signature d'un contrat d'achat (sauf autoconsommation sans injection ou injection à titre gratuit).

Par la conclusion de ces derniers contrats, il devient producteur d'électricité dès la mise en service de l'installation.

### 3.2.2 L'assistant à maîtrise d'ouvrage (AMO)

L'Assistant à maîtrise d'ouvrage apporte au maître de l'ouvrage une assistance générale à caractère administratif, financier et/ou technique. Le recours à un Assistant à la Maîtrise d'Ouvrage n'est pas obligatoire; il est cependant vivement conseillé aux maîtres d'ouvrage dépourvus des services formés pour une opération photovoltaïque. Un AMO dans le domaine juridique peut également s'avérer nécessaire le cas échéant, pour l'établissement d'un bail de location de l'élément constructif sur lequel est intégrée la solution photovoltaïque.

### 3.2.3 Les investisseurs

Les investisseurs peuvent être des personnes physiques ou morales, et vont apporter tout ou partie du capital sous forme de fonds propres à l'organisme. Cela lui permettra de limiter sa part d'investissement et d'alléger l'emprunt. En contrepartie de cet investissement, les investisseurs peuvent demander à être rémunérés. Le taux de rémunération des fonds propres ainsi établi peut varier de 0 à 10 % selon le type d'investisseurs.

Dans le cas d'investissement citoyen, il est couramment pratiqué de ne pas rémunérer les capitaux investis les premières années afin de supporter les frais de lancement de l'opération, puis de mettre en place un taux de l'ordre de quelques %. La fiche montage juridique détaille les typologies de montages de projets participatif et citoyen.

 **FICHE E**  
Montage juridique et financier

### 3.2.4 La maîtrise d'œuvre

Le maître d'œuvre a pour mission d'apporter une réponse architecturale, technique, et économique à un programme défini par le Maître d'Ouvrage. Il réalise les étapes suivantes :

- Il produit les études architecturales et techniques et établit l'estimation du coût de l'ouvrage,
- Il établit les documents nécessaires à la demande de permis de construire et autres autorisations,
- Il établit le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) et assiste le maître d'ouvrage pour le choix des entreprises et la passation des marchés de travaux,
- Il dirige et contrôle l'exécution des travaux et assiste le Maître d'ouvrage pour leur réception,
- Il peut prendre en charge, pour le compte du maître d'ouvrage, les démarches administratives relatives au raccordement au réseau et au contrat d'achat de l'électricité.

### 3.2.5 Le contrôleur technique

Le contrôleur technique a pour mission de veiller, pour le compte du maître d'ouvrage, à l'application des règles garantissant :

- La solidité des ouvrages (mission L),
- La solidité des existants (mission LE),
- La conformité électrique de l'installation photovoltaïque au guide UTE C15-712-1 (ou XP C15-712-3 pour les installations avec stockage).

Le contrôleur technique formule des avis qu'il remet au maître d'œuvre, et dont il informe le maître d'ouvrage.

Les contrôleurs techniques peuvent également proposer d'autres prestations comme l'assistance à maîtrise d'ouvrage sur des opérations photovoltaïques

### 3.2.6 Le coordonnateur Sécurité Protection Santé (SPS)

Le Coordonnateur Sécurité-Protection de la Santé (CSPS) a pour mission de prévenir les risques résultant de l'exécution des travaux et est obligatoire dès que deux entreprises interviennent en même temps sur le chantier. Il est chargé de :

- Prévoir les conditions d'application des principes de prévention et contrôler leur mise en œuvre,
- Tenir le registre-journal de coordination qui consigne les événements du chantier,
- Rédiger le Dossier des Interventions Ultérieures sur l'Ouvrage (DIUO) ou le mettre à jour,
- Établir le plan général de coordination et harmoniser les plans particuliers de sécurité et protection de la santé fournis par les entreprises.

**Remarque :** en études d'opportunités, il peut être judicieux de faire appel à un SPS pour identifier en amont les contraintes de maintenance de l'installation.

### 3.2.7 Les entreprises de travaux

Les entreprises sont chargées de la réalisation des travaux dans les conditions explicitées au marché. Lors d'un chantier photovoltaïque les entreprises doivent avoir des compétences multiples qui peuvent être :

- La couverture, la charpente,
- Facadier, le travail en hauteur,
- L'électricité,
- ...

### 3.2.8 Les interlocuteurs pour les procédures

Lors des diverses procédures d'un projet photovoltaïque, plusieurs interlocuteurs périphériques peuvent intervenir :

- **La mairie**, qui interviendra pour l'instruction du permis de construire ou de la déclaration préalable,
- **Le gestionnaire de réseau**, qui interviendra pour mettre en œuvre un contrat de raccordement, d'accès au réseau et d'exploitation, une convention d'autoconsommation individuelle ou collective. Il réalisera les travaux de raccordement et mettra en service l'installation photovoltaïque,
- **Les assureurs**, qui proposeront au maître d'ouvrage les différents contrats d'assurances nécessaires au projet,
- **Le CONSUEL**, qui établit l'attestation de conformité électrique nécessaire à la mise en service de l'installation par le gestionnaire de réseau,
- **L'acheteur**, qui transmettra le contrat d'achat de l'électricité photovoltaïque et recevra les facturations (ou les consommateurs associés de l'opération d'autoconsommation collective),
- **Le centre des impôts**, qui se chargera de collecter les taxes,
- **L'Architecte des Bâtiments de France**, qui se prononcera pour les projets se situant dans les zones de protection du patrimoine,
- **Le SDIS** (Service Départemental d'Incendie et de Secours), disposant de la compétence en matière d'incendie et de secours, est amené à examiner les dossiers de permis de construire des Etablissement Recevant du Public (ERP) et des Immeubles de grande Hauteur (IGH), ainsi que d'autres types de locaux en fonction de la réglementation en vigueur. Pour les installations photovoltaïques, ses prescriptions se basent sur l'avis de la Commission centrale de sécurité du 7 février 2013.

# 4

## PHASE MONTAGE DE PROJET

Le chapitre montage de projet présente la méthodologie sur laquelle va s'appuyer la prise de décision :

- Identifier les intérêts que présente la réalisation d'une installation photovoltaïque,
- Mobiliser les outils et méthodes permettant une décision éclairée,
- Traduire les objectifs à définir lors de la programmation afin de s'assurer de la réussite du projet.

### 4.1 INTÉRÊTS D'UNE INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE



(Source EKIDOM)

Résidence intergénérationnelle des Montgorges (Ekidom) à Poitiers (86)

Les organismes de logement social intègrent des préoccupations diverses dans la gestion de leur patrimoine. La traduction de cette stratégie est formalisée dans un Plan Stratégique de Patrimoine (PSP).

Le photovoltaïque peut s'intégrer dans les enjeux du logement social à plus d'un titre car il répond à des problématiques sociétales, sociales, économiques et techniques.

Il est important de considérer le photovoltaïque dans un cadre plus global de maîtrise énergétique notamment grâce à une excellente enveloppe et une maîtrise des usages.

#### 4.1.1 Réduction des charges et recettes supplémentaires

Un des objectifs principaux des organismes consiste en leur mission sociale. La solvabilité des locataires peut être assurée par une réduction de leurs charges. Le photovoltaïque peut répondre en partie à cela.

Selon le projet photovoltaïque, l'intérêt économique peut être de différentes natures :

- Une recette directe pour l'organisme liée à la vente d'électricité au tarif aidé,
- Une recette liée à la location de toiture (ou une façade) à un tiers investisseur exploitant de l'installation photovoltaïque,
- Une économie sur la consommation d'électricité des communs dans le cas de l'autoconsommation individuelle (moins de charges pour les locataires),
- Une économie sur la facture d'électricité des locataires dans le cas de l'autoconsommation collective.

#### 4.1.2 Amélioration des performances énergétiques réglementaires

L'utilisation d'énergie photovoltaïque peut être prise en compte dans les calculs réglementaires ou de labels permettant ainsi, en ajout d'un travail sur le bâti, d'améliorer les performances énergétiques du bâtiment.

**FICHED**  
Réglementation et labels énergétiques

#### 4.1.3 Impact environnemental

La production d'électricité d'origine photovoltaïque se substitue à de l'électricité d'origine fossile ou nucléaire. Elle a donc un impact environnemental sur les émissions de CO<sub>2</sub> et la quantité de déchets nucléaires produite.

Elle permet un évitement de :

- 60 à 180 g de CO<sub>2</sub> par kWh produit (Source ADEME : Note de cadrage sur le contenu CO<sub>2</sub> du kWh par usage en France),
- 11.8 mg de déchets radioactifs par kWh produit (Source EDF).

## 4.1.4 Exemplarité

Les organismes de logement social ont souvent anticipé des avancées dans le domaine de la construction et de l'aménagement. L'anticipation des réglementations thermiques dans le neuf et la réhabilitation performante sont des exemples de ce caractère précurseur.

L'utilisation d'énergies renouvelables est un acte sociétal qui relève de l'exemplarité.

Le photovoltaïque peut en outre véhiculer une image positive de la démarche environnementale de l'organisme.

## 4.2 AIDE À LA DÉCISION

### 4.2.1 Étude du potentiel photovoltaïque du patrimoine



Illustration d'une étude de potentiel photovoltaïque  
(Source : CREER)

Un premier niveau d'exploration va consister à réaliser une **étude d'opportunité** sur un bâtiment ou sur l'ensemble d'un patrimoine immobilier. C'est une étape d'évaluation des potentialités qui peut se déployer sur l'ensemble d'un patrimoine immobilier, et qui permet d'aborder la question avec des ordres de grandeur : surfaces disponibles, puissance installée, montant de l'investissement, temps de retour, émission de CO<sub>2</sub> évitées...



Cette étape permet d'alimenter la stratégie des organismes qui sera retranscrite dans leur Plan Stratégique de Patrimoine (PSP).

L'étude d'opportunité peut être menée par un bureau d'études spécialisé ou par l'organisme lui-même dans la mesure où il dispose des compétences en interne.

Une démarche globale d'étude du potentiel photovoltaïque sur le patrimoine d'un organisme permet d'avoir une vision fine des possibilités d'implantation du photovoltaïque au bâti. Cette démarche nécessite la désignation en interne d'un référent sur cette thématique ayant une connaissance du patrimoine et du déroulement d'un projet photovoltaïque.

Cette démarche permettra à l'organisme :

- De connaître les opportunités leur permettant de lancer des opérations photovoltaïques isolées d'un programme de rénovation lorsqu'elles sont particulièrement favorables,
- De connaître les bâtiments pour lesquels une implantation photovoltaïque est favorable et l'intégrer en temps voulu au programme de rénovation prévu,
- De maîtriser le développement d'un projet photovoltaïque pour faciliter son intégration lors d'une opération neuve,
- D'identifier les montages juridiques possibles en fonction des contraintes de chaque projet potentiel.

Sur ce dernier point, trois possibilités vont s'offrir à l'organisme :

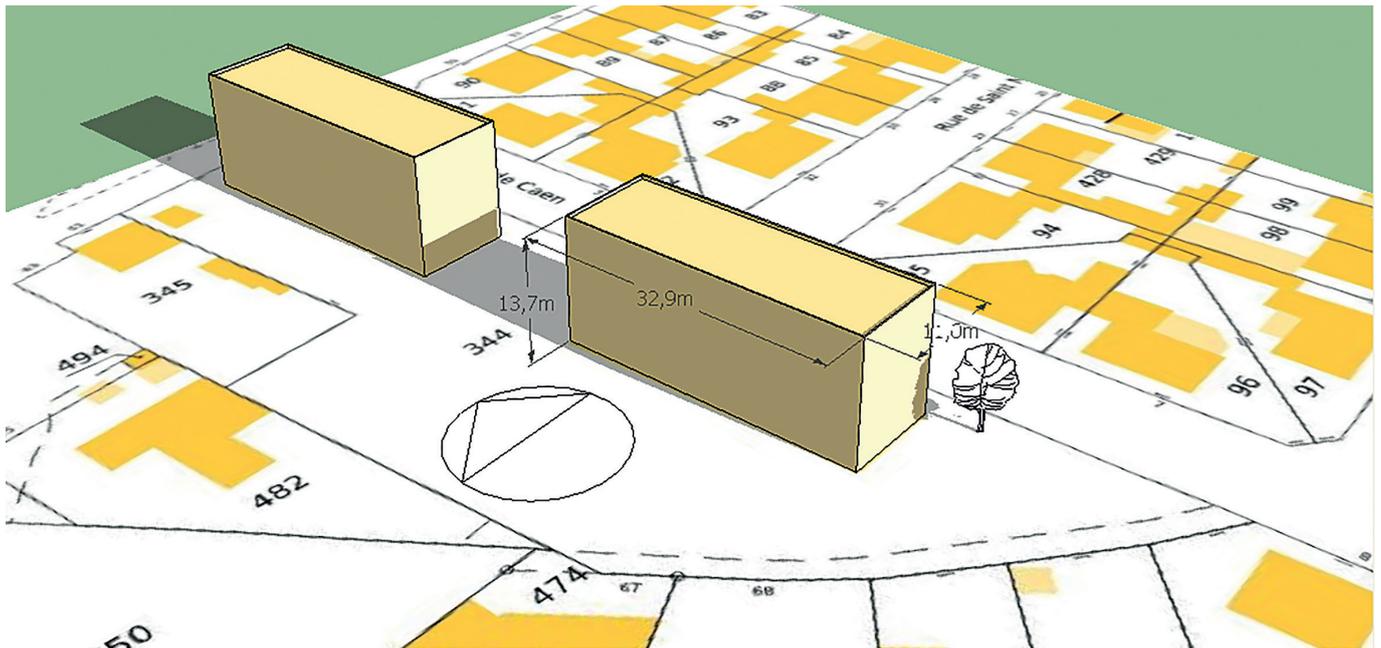
- Soit il se positionnera en **maître d'ouvrage** et deviendra l'acteur principal de l'opération,
- Soit il se positionnera comme simple **loueur de système constructif ou d'espace** sur lequel apposer des systèmes photovoltaïques et laissera un producteur d'électricité assurer la maîtrise d'ouvrage des systèmes photovoltaïques,
- Soit enfin l'organisme sera au centre d'une **initiative d'investissement citoyen** associant divers acteurs locaux dans une logique participative. C'est en effet sur le potentiel global d'un patrimoine que peut décider d'investir une tierce partie, et dès les prémices d'un projet que s'organise un programme d'investissement citoyen.



Cette étape optionnelle doit permettre à l'organisme de disposer des éléments clés pour juger de manière systématique de l'opportunité de déclencher une étude de faisabilité photovoltaïque.

**FICHE E**

Montage juridique et financière

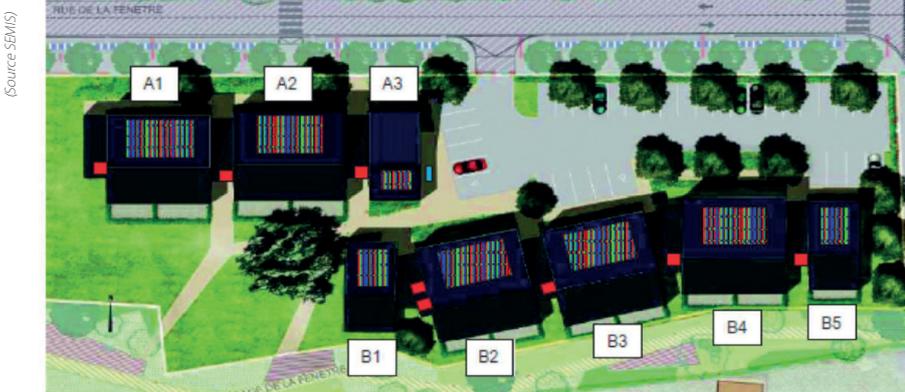


Simulation des ombres proches, opération « Les Rossigolettes » (OPH CdA à La Rochelle) à La Rochelle (17)

**FICHE F**

Approche économique et aide à la décision

## 4.2.2 Étude de faisabilité



Opération Les Tilleuls (SEMIS) à Saintes (17)

Dans un second niveau, on fera appel à une étude de faisabilité plus approfondie, dans laquelle les estimations de potentiel vont être affinées. La faisabilité sera plus contextuelle, et fera apparaître les éventuels points de blocage.



L'étude de faisabilité peut être confiée à un bureau d'études spécialisé.

L'étude de faisabilité doit comporter les éléments suivants permettant au maître d'ouvrage de connaître l'ensemble des aspects du projet.

## Bilan technique du projet photovoltaïque :

- Type d'implantation au bâti (intégré ou surimposé),
- Surface de l'installation,
- Puissance de l'installation,
- Technologies et gamme de matériel proposé,
- Schéma de l'installation,
- Description du type de raccordement possible (vente totale, autoconsommation...),
- Profil de consommation et de production,
- Simulation des ombrages et de leur influence,
- Simulation de production,
- Type de montage juridique de projet identifié,
  - Investissement en fonds propres,
  - Tiers investisseur,
  - Participation au capital d'une société.
- Description des contraintes, délais et incertitudes imposées par le cadre réglementaire :
  - PLU,
  - Zone de protection du patrimoine (ZPPAUP, AVAP, MH...),
  - Déclaration préalable ou permis de construire.

▶ FICHE B  
Implantation au bâti

▶ FICHE C  
Autoconsommation

▶ FICHE E  
Montage juridique et financier

▶ FICHE H  
Raccordement au réseau

## Bilan économique et financier :

- Chiffrage de l'investissement,
- Recette d'exploitation,
- Évaluation des charges d'exploitation,
- Analyse économique du projet,
- Bilan prévisionnel d'exploitation,
- Planning prévisionnel du projet.

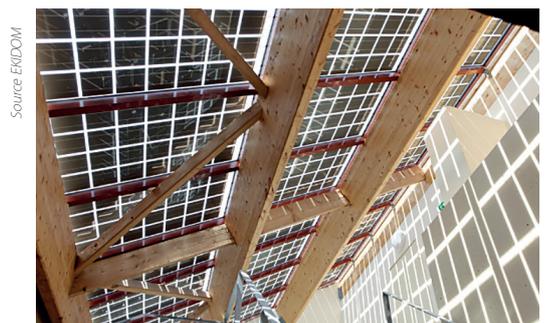
▶ FICHE G  
Achat de l'électricité

⚠ Le maître d'ouvrage doit être vigilant quant aux évolutions des tarifs d'achat et de vente de l'électricité. Il devra vérifier la compatibilité de l'obtention du tarif mentionné dans l'étude avec le planning prévisionnel de son projet (particulièrement dans le contexte d'une opération de construction ou de rénovation importante).

### 4.2.3 Élément de levier : remplacement d'un élément constructif

L'usage d'un équipement photovoltaïque est avant tout la production d'électricité, cependant les techniques d'implantations du photovoltaïque dans le bâtiment permettent à cet équipement d'assurer une fonction constructive :

- Couverture,
- Étanchéité,
- Bardage,
- Brise-soleil,
- Garde-corps de balcon,
- Garde-corps de terrasse,
- Verrière,
- Allège,
- Fonction architecturale,
- Ombrière,
- Pergola,
- Mur-rideau.



Source Eklodom

▶ FICHE B  
Implantation au bâti

## 4.3 MONTAGE JURIDIQUE

La question du montage doit être abordée au préalable du lancement de l'opération afin de retenir une option de maîtrise d'ouvrage.

Selon le montant des investissements mis en jeu et la complexité de l'opération, plusieurs mécanismes s'offrent à l'organisme de logement social.

### Le maître d'ouvrage est l'organisme de logement social

Il s'agit du montage le plus simple. Le bailleur social se positionne en propriétaire exploitant. Il réalise l'investissement initial et acquiert le statut de producteur (en étant titulaire des contrats d'accès au réseau, de raccordement et d'exploitation avec le gestionnaire de réseau ainsi que du contrat d'achat avec l'acheteur obligé) ou autoconsommateur. Il contracte éventuellement un contrat de maintenance ou réalise lui-même l'entretien. Les recettes tirées de la vente d'électricité, le cas échéant, lui revenant directement, il sera imposé dessus selon son statut fiscal.

### Le maître d'ouvrage est un tiers

Lorsque l'organisme de logement social ne souhaite être ni maître d'ouvrage ni exploitant de l'installation photovoltaïque, il peut recourir à la location de toiture (ou de façade, le cas échéant). Dans cette configuration, les phases de conception, travaux, exploitation et fin de vie sont réalisées par le tiers-investisseur, qui sera désigné à l'issue d'une consultation publique. La contrepartie de la mise à disposition du volume de toiture par l'organisme pourra prendre la forme d'un loyer, mais également d'une remise en état ou d'une mise en sécurité de la toiture.

Cette option peut s'avérer intéressante lorsque l'organisme ne dispose pas des ressources financières ou humaines pour mener à bien l'opération, en particulier si celle-ci concerne un grand nombre de bâtiments. Néanmoins, les surfaces proposées à la location devront présenter suffisamment d'attractivité pour les investisseurs potentiels, notamment en termes de rentabilité économique. Une simulation préalable pourra confirmer ce point ou aider à la sélection des surfaces pertinentes le cas échéant.

Ce montage peut nécessiter l'intervention d'un cabinet juridique lors de l'établissement de la convention régissant les obligations respectives entre propriétaire du bâtiment et locataire de la toiture ou de la façade (bail emphytéotique par exemple).

 **FICHE E**  
Montage juridique et financier

### Le maître d'ouvrage est une société projet pilotée par l'organisme

Lorsque l'organisme de logement social désire associer des co-investisseurs à son opération, il peut le faire par le biais d'une société de projet créée spécifiquement dans ce but. Dans ce cadre-là, la société de projet sera propriétaire exploitant de la/des installation(s) photovoltaïque(s). Par conséquent, elle sera titulaire de l'autorisation d'urbanisme, des divers contrats de raccordement et du contrat d'achat. Elle aura réalisé l'investissement initial qui sera amorti par la vente de l'électricité. Étant donné que son activité sera uniquement commerciale, elle sera assujettie au paiement de l'impôt sur les sociétés. De plus, sa création engendrera des frais administratifs et juridiques.

Ce cas de figure permet au bailleur social de rester partie prenante du projet photovoltaïque, particulièrement s'il conserve un pouvoir de décision au sein de la société projet. Ce type de montage peut par exemple être utilisé lors de la mise en place d'un financement en partie citoyen.



À noter que dans le cadre d'autoconsommation individuelle, il est préférable que le producteur soit la même entité juridique que le consommateur du fait d'incertitudes sur les aspects contractuels, réglementaires et assujettissement aux taxes, à ce jour.

## 4.4 PHASE PROGRAMMATION

A ce stade, il est important d'inscrire dans la programmation un maximum d'éléments issus des études en amont du projet. Plus la définition initiale des besoins est précise, moins le risque de dérive de compréhension, de coût ou de faisabilité est élevé.

Voici une présentation d'éléments pouvant apparaître dans une programmation d'un projet photovoltaïque.

### 4.4.1 Les objectifs :

Les objectifs retraduisent les intérêts du maître d'ouvrage à mener une opération photovoltaïque, ainsi que les orientations données lors de la phase d'étude.

**Objectifs de production :** Chiffrage de production en kWh/an, pourcentage de la consommation, part d'autoconsommation. Cet objectif très précis permet de fixer un résultat à obtenir. Il est particulièrement intéressant dans le cadre d'une volonté d'autoconsommation.

**Objectifs de fonction :** Remplacement par du photovoltaïque d'un équipement (couverture, bardage...).

**Objectifs architecturaux :** Visibilité et aspect esthétique de l'installation (choix d'une technologie).

**FICHE B**  
Implantation au bâti

### 4.4.2 Les données relatives au site :

- Aspects et contraintes réglementaires : Zones Protégées, PLU, Règlement d'urbanisme,
- Situation urbaine,
- Qualité architecturale ou paysagère de l'environnement,
- Topographie,
- Emplacement du réseau électrique et téléphonique,
- Ombrage porté par l'environnement,
- Profils de consommation.



Simulation de l'ombrage proche Opération Les Daims (Habitat Nord Deux-Sèvres) à Parthenay (79)

### 4.4.3 Les données spécifiques dans le cas d'un bâti existant :

- Orientation par rapport au sud,
- Pente des couvertures si existantes,
- Plans de masse et façades,
- État et descriptions des existants (diagnostics de solidité, diagnostics amiante, ...).

### 4.4.4 Les contraintes liées à l'exploitation future :

- Mettre en avant dans le programme la possibilité d'avoir des accès définitifs intégrés au bâtiment : escaliers intérieurs ou extérieurs ou, à défaut, échelles à crinoline,
- Mettre en place des chemins de circulation pour accéder aux modules pour les interventions ultérieures,
- Mettre en avant la facilité d'accès des locaux techniques au personnel de maintenance et sa protection vis-à-vis du public.

### 4.4.5 Les contraintes particulières :

- Type d'implantation au bâti souhaité,
- Plage de puissance d'installation souhaitée,
- Tarif d'achat souhaité, le cas échéant,
- Contrainte sur l'équilibre économique du projet.



Le type d'implantation au bâti est important à définir en amont car il influence fortement les aspects technico-économiques du projet et nécessite une vérification préalable des assurances requises, en matière de responsabilité décennale notamment.

❗ La conception d'un Bâtiment à Energie POSitive (BEPOS) nécessite une attention particulière sur le photovoltaïque dans la programmation. Il doit être un élément détaillé et précis du programme.

#### 4.4.6 La procédure de raccordement au réseau :

Dans le cadre de l'obligation d'achat, c'est la demande complète de raccordement au réseau (comprenant le permis de construire) qui fixe le tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque.

▶ FICHE H  
Raccordement au réseau

Dans le cadre de l'autoconsommation, les démarches peuvent être simplifiées.

❗ Un estimatif correct du tarif d'achat d'électricité prenant en compte les délais d'obtention du permis de construire doit être intégré dans le bilan économique du projet.

#### 4.4.7 La consultation de l'équipe de maîtrise d'œuvre :

La procédure de consultation de l'équipe de maîtrise d'œuvre pour une opération comprenant une installation photovoltaïque ne diffère pas d'une opération classique. On veillera cependant à ce que l'équipe de maîtrise d'œuvre ait bien intégré les éléments du programme concernant le photovoltaïque.



Opération Les Daims (Habitat Nord Deux-Sèvres) à Parthenay (79)



*Logements individuels (Habitat 17) à Angliers (17)*



*Logements individuels, quartier des Montgorges (EKIDOM) - Poitiers (86)*



# 5

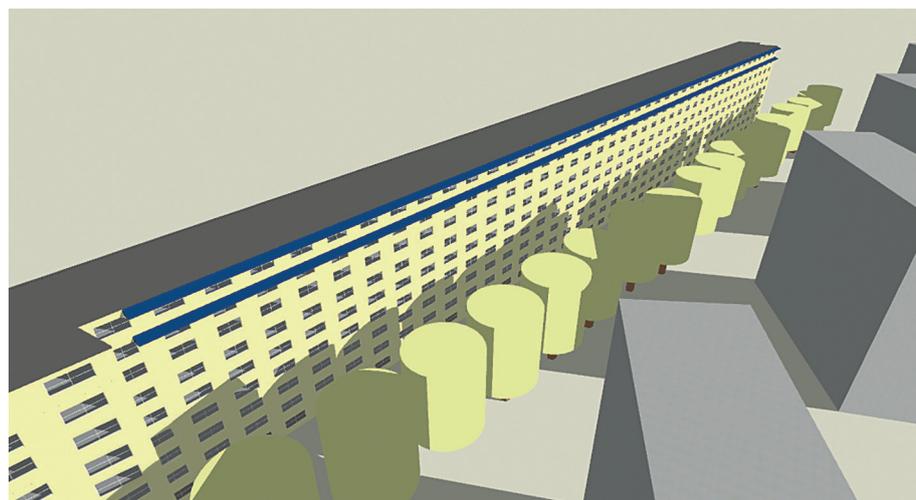
## PHASE CONCEPTION

Une fois le programme fonctionnel établi et l'équipe de maîtrise d'œuvre sélectionnée, le maître d'ouvrage va suivre les études de conception. Lors de cette phase, il lui faudra rester attentif à l'avancement du dimensionnement photovoltaïque. Ce chapitre présente, à chaque étape du processus de conception, les éléments attendus par le maître d'ouvrage de la part de l'équipe de maîtrise d'œuvre.

### 5.1 PRINCIPES DE CONCEPTION TECHNIQUE

Le concepteur s'attachera à respecter quelques principes simples qui conduiront à une installation photovoltaïque performante :

1. Réserve de surfaces dégagées globalement orientées sud (architecte dès l'esquisse).
2. Gestion de l'encombrement et de l'ombrage en toiture (architecte et bureau d'études).
3. Optimisation de l'installation (bureau d'études).



(Source MANASLU)

Opération Le Lurçat (OPH Cda La Rochelle) à La Rochelle

D'une manière générale, la disposition des champs photovoltaïques tendra à favoriser leur exposition au soleil en optimisant les paramètres d'inclinaison et d'orientation, ceux-ci étant directement dépendant de la forme architecturale des bâtiments.

En particulier, les équipements techniques et les allées de circulation pour la maintenance (caissons et gaines de ventilation, exutoires, édicules, trappes d'accès...) présenteront une emprise aussi réduite que possible lorsqu'ils jouxtent un champ photovoltaïque.

À cet effet, on s'attachera à les regrouper sur les parties nord et à minimiser les ombres qu'ils pourraient porter sur les panneaux solaires. De même, la mise en sécurité des toitures par des garde-corps ou des acrotères hauts préservera le niveau d'ensoleillement des toitures autant que faire se peut. Dans tous les cas, on veillera à ce que les pertes engendrées par les ombrages ne viennent pas grever de plus de 10 % la production que l'on aurait obtenue si ceux-ci n'existaient pas.

Enfin, la production de l'installation photovoltaïque sera maximisée par la limitation des pertes dues aux chutes de tension dans les câbles (maximum 1 %), à la température des modules (ventilés au mieux), à l'appairage des modules (tri sélectif) et au câblage des séries (à ajuster en fonction des masques).

### 5.2 DÉROULEMENT DES ÉTUDES DE CONCEPTION

L'équipe de maîtrise d'œuvre va réaliser la conception de l'installation et lancer la consultation des entreprises de travaux. Son travail sera suivi de près par la maîtrise d'ouvrage qui aura soin de vérifier les points-clés mentionnés ci-dessous.

**Rappel :** la conduite efficace des études de conception repose sur l'énoncé d'objectifs clairs relatifs au photovoltaïque dans le programme fonctionnel.

## 5.2.1 L'avant-projet sommaire

### Pièces du dossier technique

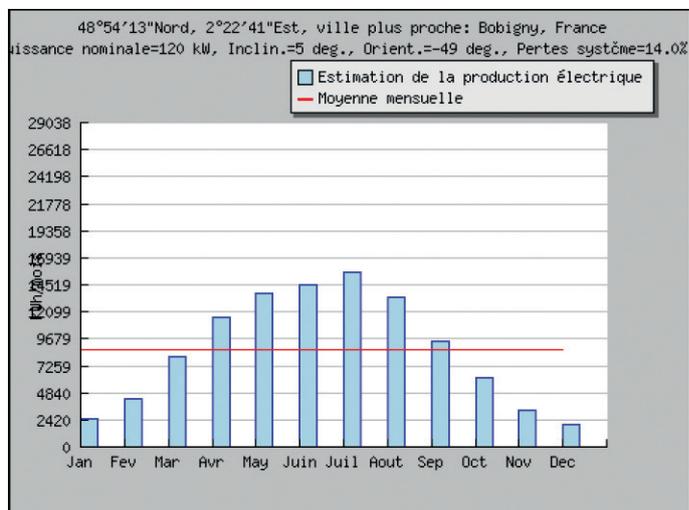
Généralement, l'avant-projet sommaire (APS) comporte des éléments qui vont permettre au maître d'ouvrage d'identifier les surfaces dédiées à la production photovoltaïque et vérifier qu'elles sont en adéquation avec les attentes du programme.

Ces éléments sont :

- Un plan masse du/des bâtiment(s) envisagé(s),
- Des élévations,
- Des perspectives.

Afin de s'assurer de la prise en compte précoce de la production photovoltaïque dans l'opération, il est opportun de demander aux équipes dès cette phase un **dimensionnement sommaire** dont seront issus la puissance installée en kWc ainsi que la production attendue en kWh/an et le taux d'autoconsommation/d'autoproduction, le cas échéant.

Les ombrages ne seront pris en compte en phase avant-projet sommaire (APS) qu'à travers la définition des surfaces solarisées : les surfaces trop fortement ombragées en seront écartées.



Exemple de production mensuelle à l'aide de l'outil PVGIS

! Les éléments attendus en phase APS sont l'attribution des surfaces photovoltaïques en m<sup>2</sup>, la puissance installée en kWc, la production attendue en kWh/an et le taux d'autoconsommation et d'autoproduction, le cas échéant.

## 5.2.2 Les recommandations de conception des services de secours

La commission centrale de sécurité a émis un avis le 7 février 2013 qui a servi de base à la réalisation d'un guide « Maîtriser le risque lié aux installations PV » en juin 2013. Voici les éléments clés à prendre en compte dans un projet photovoltaïque :

### Signalisation de l'installation

La signalisation de la présence de photovoltaïque et l'identification des dispositifs de coupure de secours est indispensable. L'utilisation de la coupure de secours permet une sécurisation complète de l'installation de l'onduleur au réseau. Un risque persiste entre les panneaux et l'onduleur lié à la présence de tension.



Coupure photovoltaïque



Production photovoltaïque



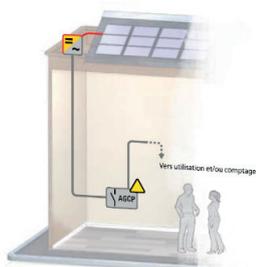
Coupure réseau de distribution et photovoltaïque

Injection totale, 2 coupures (consommation et production)

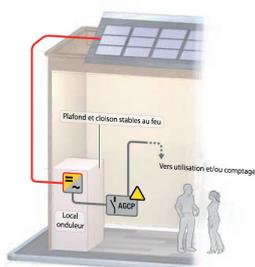
Injection partielle, une coupure unique

### Conception

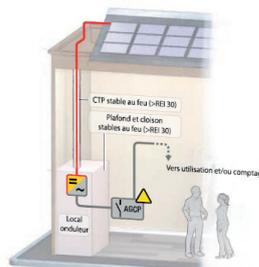
Le risque entre les panneaux et l'onduleur doit être maîtrisé par les choix de conception. Voici quatre cas de conception régulièrement utilisés. D'autres solutions permettant de limiter les tensions entre panneaux et onduleur en dessous de 60 V sont également possibles.



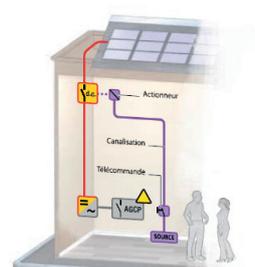
Onduleur à l'extérieur au plus proche des panneaux photovoltaïques.



Onduleur dans un local stable au feu et passage des câbles DC en extérieur.



Onduleur dans un local stable au feu et passage des câbles DC en cheminement stable au feu.



Onduleur en intérieur avec coupure DC au plus proche des panneaux (plusieurs possibilités d'actionnement de cette coupure).

Source : guide « Maîtriser le risque lié aux installations PV »

⚠ Dans tous les cas, l'analyse de risques du site permettra au service de secours d'adapter les préconisations à mettre en œuvre pour maîtriser au mieux le risque.

## L'intervention des services de secours

Le guide « maîtriser le risque lié aux installations PV » aborde également les procédures d'intervention et la maîtrise des risques associés, notamment :

- L'arrosage et les phases d'attaque du feu possible,
- Le type d'éclairage artificiel à utiliser,
- Les conseils d'utilisation d'échelles et de nacelles,
- Les conseils liés à la progression en toiture,
- La maîtrise des risques liés à la chute de composants en fusion.

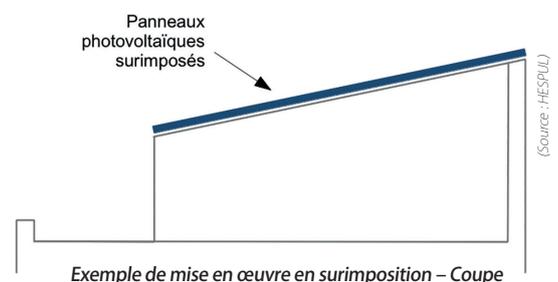
## 5.2.3 L'avant-projet détaillé

Lors de cette phase seront effectués les **choix techniques de mise en œuvre** en accord avec les orientations fixées en amont par la maîtrise d'ouvrage. Du type d'implantation au bâti dépend le tarif de vente de l'électricité.

### Pièces du dossier technique

Les éléments permettant d'apprécier l'insertion de l'installation photovoltaïque dans l'enveloppe du bâtiment seront :

- Des plans de toitures ou de façades,
- Des coupes,
- Une simulation de production détaillée.



L'emplacement des éléments de toiture (ventilation, édicules, garde-corps...) ou de façade (ouvertures, balcons...) figurera sur les plans et viendra préciser l'emprise photovoltaïque. Le projet devra bien entendu être conforme aux règles du document d'urbanisme, PLU ou équivalent.

### Démarches administratives

Le Permis de Construire dans le cas du neuf ou la Déclaration Préalable dans le cas de la réhabilitation seront déposés au cours de cette phase d'Avant-Projet Détaillé.

⚠ Il convient de vérifier avant le dépôt de la demande d'autorisation d'urbanisme que le projet photovoltaïque envisagé répond aux exigences énoncées dans le programme, car les surfaces, leur inclinaison et leur orientation seront dès lors figées.

Le dossier de permis de construire comportera également :

- Une notice de sécurité incendie, dans laquelle il convient de mentionner les installations photovoltaïques,
- La puissance active de l'installation photovoltaïque en kVA, qui permettra au gestionnaire de réseau d'anticiper le dimensionnement du réseau de distribution dans l'attente de la demande officielle de raccordement, notamment dans le cas d'une ZAC.

L'instruction du dossier pourra donner lieu à la consultation de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF) si l'installation se situe dans le périmètre d'un monument protégé ou classé ou dans une Aire de mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine (AVAP), ainsi qu'au Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) si la réglementation sécurité incendie le requiert.

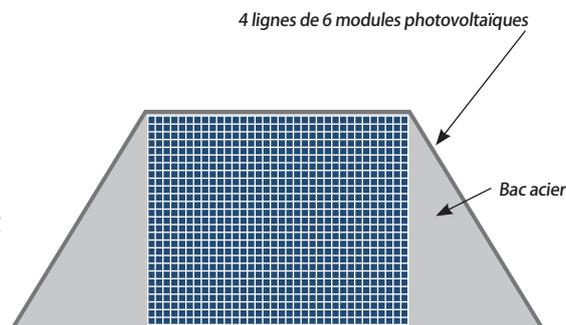
## 5.2.4 Le Projet

Le Projet (PRO) est la phase qui précède la consultation des entreprises. Le système photovoltaïque devra donc être dimensionné avec précision et intégrer toutes les contraintes prévisibles : ombrages, implantation d'autres équipements sur les mêmes parois, sécurité, maintenance, etc.

### Pièces du dossier technique

La maîtrise d'ouvrage prendra soin de vérifier que l'installation photovoltaïque est caractérisée par :

- Des plans de calepinage,
- Un dimensionnement détaillé intégrant les ombrages,
- Le repérage du lot électrique sur les plans : emplacement des onduleurs, du tableau général basse tension, des gaines photovoltaïques, éventuellement un synoptique électrique.



Exemple de calepinage en toiture



L'installation photovoltaïque doit être dimensionnée précisément en phase projet en vue du bon déroulement de la consultation des entreprises.

## 5.2.5 La consultation des entreprises

Le choix d'un installateur va passer par une consultation. Pour ce faire, le maître d'œuvre va constituer un Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) comportant un Lot Photovoltaïque. De la clarté du cahier des charges, matérialisé par le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP), dépendra la qualité de l'installation photovoltaïque.

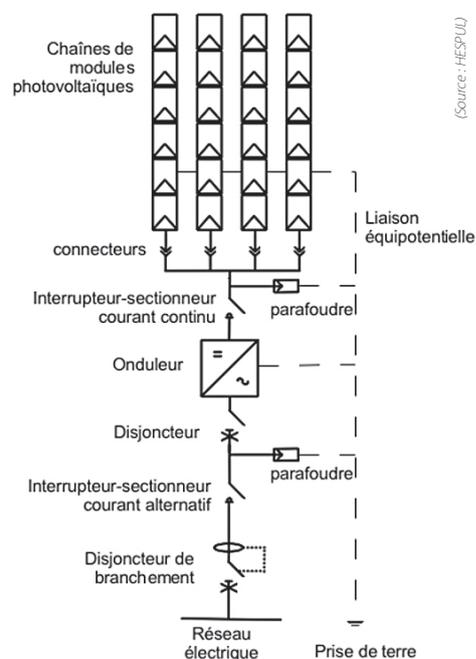
Sans détailler de manière exhaustive le contenu d'un cahier des charges photovoltaïque, les éléments-clés qui doivent figurer dans le document sont rappelés ci-dessous.

### Caractéristiques générales

- Puissance en kVA ou éventuellement production en kWh/an,
- Description sommaire de la mise en œuvre souhaitée,
- Fournir les plans et le dimensionnement réalisé, en particulier si la demande de raccordement a déjà été déposée (plan masse, plan de toiture ou de façade, coupe, éventuellement principe de mise en œuvre et schéma électrique).

### Étendue des ouvrages

- Procédé d'intégration ou supports,
- Panneaux photovoltaïques et connecteurs solaires,
- Onduleurs,
- Liaisons électriques courant continu (CC) et courant alternatif (CA) avec sectionneurs, parafoudres et disjoncteurs,
- Liaison équipotentielle de mise à la terre,
- Coffrets électriques et tableau général basse tension,
- En option : système d'acquisition et d'exportation des données de production et de consommation, tableau d'affichage, démarches de raccordement et de contrat d'achat.



Exemple de schéma unifilaire

## Normes

Les principaux textes sont le guide UTE C 15-712-1 pour l'ensemble du système photovoltaïque (ou XP C 15-712-3 en cas de stockage), la DIN VDE 0126-1-1 pour le découplage des onduleurs, les normes produits NF EN 61215, NF EN 61246 et NF EN 61730 pour les panneaux photovoltaïques, ainsi que la documentation technique de référence du gestionnaire de réseau pour tout ce qui concerne le raccordement.

Dans tous les cas, veiller à effectuer la mise à jour des références normatives.

## Limites de prestation avec les autres corps d'état

- Bien définir les limites de fourniture des systèmes de montage avec les lots couverture, étanchéité et métallerie, éventuellement gros œuvre pour tout ce qui concerne les gaines et locaux techniques, et électricité de manière générale.

## Assurances et Garanties

- Spécifier que l'installateur devra être assuré en responsabilité décennale et en responsabilité civile,
- Préciser la durée de la garantie matériel souhaitée (5 ans, 10 ans, 20 ans ou 25 ans).

## Allotissement

- Si le photovoltaïque ne représente qu'une faible partie de l'ouvrage associé, 2 lots différents peuvent être admis en s'assurant de la bonne gestion des interfaces et des limites de prestations. Dans la majorité des cas le photovoltaïque fait partie d'un lot unique permettant de faciliter la gestion des interfaces avec l'ouvrage associé à l'installation :
  - Couverture photovoltaïque,
  - Étanchéité intégrant une installation photovoltaïque,
  - Brise-soleil photovoltaïque.



**Le bon allotissement du photovoltaïque est primordial pour faciliter la phase travaux, l'assurance de la compétence des intervenants, les responsabilités et l'assurabilité des ouvrages.**

## Les installations posées sur toiture terrasse :

Dans cette configuration, même si le photovoltaïque n'est pas associé à un ouvrage ou une fonction constructive, il a un impact sur le bâti qu'il faut maîtriser dès la conception :

- Lestage adapté de l'installation,
- Surcharge sur la structure porteuse,
- Charge de compression sur l'isolant et la membrane associée,
- Circulation et pénétration des câbles,
- Le titulaire du lot étanchéité doit être pleinement associé à la validation de la solution et les responsabilités en matière d'assurance décennale doivent être définies.

## Qualification et habilitation électrique :

- Indiquer les qualifications demandées par les entreprises (Qualibat, Qualifelec, Qualit'EnR) en vérifiant que la qualification demandée correspond aux spécificités du chantier,
- Indiquer la nécessité d'habilitation électrique des intervenants (selon la NF C18-510 qui prévoit les habilitations BP et BR(P) spécifiques au photovoltaïque).

## 5.2.6 Le marché de travaux

L'analyse des offres se fera en fonction des critères de sélection énoncés dans le cahier des charges. De manière générale, il est plus pertinent d'effectuer son choix sur le critère du prix par unité de puissance que par unité de surface. L'indicateur adapté est alors le ratio €/kWc.

D'autres critères peuvent également être utilisés :

- Maximisation de la puissance crête installée,
- Optimisation de la production spécifique,
- Bilan carbone des produits proposés,
- Optimisation du bilan économique de l'opération,
- Optimisation de l'autoconsommation et de l'autoproduction

Le marché de travaux devra mentionner clairement que le droit français s'applique, afin de garantir le bon fonctionnement des assurances dommages-ouvrage et décennale.

### Démarches administratives

Une fois le devis de l'entreprise de travaux en main et l'autorisation d'urbanisme obtenue, la demande de raccordement au réseau peut être finalisée et entrer en file d'attente, le gestionnaire du réseau public d'électricité traitant les demandes par ordre d'arrivée.



Les installations en autoconsommation nécessitent une déclaration au gestionnaire de réseau et la signature d'une convention d'autoconsommation avec celui-ci. L'obtention d'un CONSUEL « production » est obligatoire.

## MÉMO DE LA PHASE CONCEPTION

	Pièces du dossier technique	Démarches administratives
<b>APS</b>	Dimensionnement sommaire	
<b>APD</b>	Solutions techniques	Demande d'autorisation d'urbanisme
<b>PRO</b>	Dimensionnement détaillé Local technique	
<b>DCE</b>	Consultation des entreprises	Demande de raccordement
<b>ACT</b>	Passation du marché de travaux	

(Source : HESPU)

*Etapas d'un projet photovoltaïque en phase conception*

**Travaux**

L'exécution (EXE) et la réception (RCP) des ouvrages sont présentés dans le chapitre suivant relatif à la phase Travaux.

# 6

## PHASE TRAVAUX

Le chapitre sur la phase travaux présente les étapes clés et les points de vigilance à avoir pendant l'exécution du chantier :

- Identifier les étapes clés de la réalisation d'une installation,
- Connaître les points de vigilance et les exigences spécifiques au photovoltaïque,
- Maîtriser les démarches intervenant en interaction avec cette phase.

### 6.1 ÉTAPES PRÉALABLES À L'EXÉCUTION DES TRAVAUX

Pendant la phase de préparation, le maître d'ouvrage devra conclure le contrat d'assurance Dommages Ouvrage, et adresser les différentes demandes administratives (autorisation de voirie, déclaration d'ouverture de chantier...).

#### 6.1.1 Documents à viser avant travaux

Avant démarrage des travaux, le maître d'œuvre en concertation avec la maîtrise d'ouvrage, visera les documents suivants à produire par l'entreprise de travaux :

- Les plans d'exécution,
- Les caractéristiques des différents composants (modules, onduleurs, coffrets de protection, etc.),
- Les schémas de câblages, raccordement des coffrets et des armoires électriques,
- La localisation et la nature des divers cheminements,
- Les schémas d'implantation des équipements,
- Les simulations de production d'électricité et de consommation, le cas échéant.

Le maître d'ouvrage doit pouvoir valider à l'aide de ces données :

- Le plan d'investissement,
- Le plan prévisionnel de fonctionnement.

#### 6.1.2 Le raccordement au réseau

L'avancement des démarches de raccordement peut être variable à cette phase du projet. Cependant, à ce stade, les caractéristiques exactes du matériel à installer sont fixées. En fonction de l'avancement, il faut :

**Demande de raccordement au réseau de l'installation non réalisée :** finaliser la demande de raccordement auprès du gestionnaire de réseau afin de fixer les conditions de vente d'électricité.



C'est la proposition de raccordement du gestionnaire de réseau qui détermine l'implantation des compteurs et donc la limite de prestations de l'entreprise de travaux photovoltaïque.

**Demande de raccordement au réseau de l'installation réalisée :** valider la conformité des données techniques (puissance module et onduleur) de la demande de raccordement avec les données techniques du matériel.

 **FICHE H**  
Raccordement au réseau

## 6.1.3 Les assurances

### Assurances du maître d'ouvrage

Celles-ci sont comparables aux assurances couramment pratiquées dans les opérations de construction.

- Tous risques chantiers.

En phase chantier, les dommages matériels subis par l'ouvrage en cours de travaux peuvent être couverts par une assurance Tous Risques Chantiers contractée par le maître d'ouvrage.

- Dommages ouvrage.

Il convient de consulter son assureur pour s'assurer de la nécessité de l'assurance Dommages ouvrage en fonction du lien qu'il y a entre l'installation photovoltaïque et l'ouvrage bâti. Dans la majorité des cas, l'intégration au bâti du photovoltaïque étant favorisée, cette assurance s'avère indispensable. L'assurance Dommages ouvrage doit être contractée pour la phase d'exploitation. Elle va financer les travaux de réparation sans recherche préalable de responsabilité, puis effectuer le recours auprès de l'installateur afin de faire jouer sa décennale. La Dommages ouvrage, contractée avant l'ouverture du chantier et prenant effet après la garantie de parfait achèvement et se terminant 10 ans après la réception, devra clairement mentionner l'installation photovoltaïque dans l'étendue de sa garantie.

### Assurances de l'installateur

- Responsabilité Civile et Décennale.

L'installateur devra bénéficier d'un contrat d'assurance de responsabilité civile décennale assurant l'ensemble des travaux réalisés : l'étanchéité, la couverture et l'électricité. La responsabilité décennale de l'installateur est garantie pour les dommages compromettant la solidité de l'ouvrage ou le rendant impropre à sa destination, et la responsabilité civile pour l'ensemble de ses activités ainsi que les dommages causés aux tiers.

**!** Pour être valable, l'assurance décennale de l'installateur devra mentionner le niveau de certification ou le nom du procédé photovoltaïque utilisé.

Les deux principaux types de dommages pouvant survenir sont les défauts d'étanchéité provenant de la couverture photovoltaïque et les départs d'incendie causés par le circuit courant continu. Étant donné que les procédés photovoltaïques (procédé au sens ensemble modules et système d'intégration) ne sont pas considérés comme des techniques courantes, les compagnies d'assurance privilégient ceux bénéficiant d'un Avis technique (Atec) pour lesquels elles vont mettre en place les mêmes conditions que celles appliquées aux domaines traditionnels.

**!** L'assurance d'un procédé d'intégration donné sera facilitée s'il bénéficie d'un Avis Technique en cours de validité, que la pose est réalisée dans le respect des normes et Documents Techniques Unifiés (DTU) et que la conception de l'installation suit les prescriptions du guide UTE C 15 712-1 (XP C 15-712-3 en cas de stockage).

Afin d'accélérer l'évaluation des produits innovants, le CSTB a mis en place la procédure du Pass'Innovation permettant aux assureurs de disposer d'une première évaluation technique concernant son aptitude à l'emploi (Pass'Innovation vert).

Par ailleurs, les fabricants proposent aussi des procédés évalués par des bureaux de contrôle agréés selon une Enquête Technique Nouvelle (ETN).

Dans le cas d'une installation en surimposé, la question de la responsabilité décennale va dépendre de la nature des travaux et leurs impacts sur la fonction « construction » de l'immeuble. Une analyse devra être faite au cas par cas.

### Assurances de l'exploitant

A ce stade, le matériel et les entreprises intervenantes étant connus, les démarches d'obtention des contrats d'assurances Responsabilité Civile, Dommage aux biens et Perte de Recette peuvent être finalisées. Le détail de ces assurances est présenté en partie 7.3.

Une attestation des assurances responsabilité civile et dommage aux biens et pertes de recettes le cas échéant doit être demandée tous les ans à l'exploitant.

**!** Il est impératif d'anticiper cette étape afin d'obtenir une attestation d'assurance responsabilité civile pouvant être demandée pour la mise en service de l'installation.

## 6.2 ÉTAPES DU CHANTIER

### 6.2.1 Mise en sécurité du chantier

Le coordinateur SPS désigné par le maître d'ouvrage vérifiera que les mesures sont adaptées pour permettre :

- Un accès et une circulation sécurisés,
- Un poste de travail et un approvisionnement sécurisé,
- Le respect du Plan Général de Coordination (PGC) par les entreprises de travaux.



(Source : CREPY)

Mise en place de la protection collective d'un chantier photovoltaïque en toiture ardoise.



L'ensemble des acteurs de la sécurité pourront consulter la fiche pratique de sécurité ED137 réalisée par l'INRS concernant la « Pose et maintenance de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques ».

### 6.2.2 Installation des structures porteuses

Les structures porteuses à installer, dépendent du type d'implantation du photovoltaïque dans le bâtiment (brise-soleil, garde-corps, toiture...).

L'installation des structures porteuses doit être conforme aux conditions de pose des fabricants et aux certifications des produits (Pass Innovation, Enquête Technique Nouvelle, Avis Technique...).



Bacs plastiques lestés pour une pose en toit terrasse (gauche).



Profils drainants et crochets pour une pose en couverture (droite).

(Source : CREPY)

### 6.2.3 Préparation du câblage

La mise en place de câblage permet d'effectuer la liaison entre modules, entre les modules et l'onduleur et entre l'onduleur et le réseau.



Cheminement sous garde-corps photovoltaïque et en toit terrasse.



Cheminement en couverture.

(Source : CREPY)

(Source : Houx & ENR)

⚠ Une attention particulière est à porter sur le câblage pour éviter des non-conformités récurrentes et des dysfonctionnements :

- Les câbles doivent rester jointifs sur l'ensemble du cheminement (absence de boucle d'induction).
- Les connecteurs assemblés ensemble doivent être de même type et de même marque (surveillance particulière sur début et fin de chaînes de modules).

## 6.2.4 Pose et raccordement des modules



Pose de modules photovoltaïques en éléments de couverture.



(Source : CREP)

Préalablement à la pose des modules, l'entreprise de travaux effectue un tri sur site en fonction de la puissance des panneaux, afin de câbler des séries de panneaux de même puissance. Vérifier également qu'elle réalise le relevé du numéro d'identification des modules.

Lors de la préparation et de la pose des modules, vérifier que personne ne marche sur les modules.

Vérifier que le cheminement des câbles sous les modules est conforme aux études de conception.

## 6.2.5 Pose de l'installation électrique

L'installation électrique est composée des onduleurs, du système de suivi et de coffrets regroupant des dispositifs de coupure et de protection, correctement repérés et avec une signalétique de prévention adaptée.



Coffrets DC de raccordement modules-onduleur.



Onduleurs et cheminement.

Les onduleurs seront de préférence installés dans un local technique ventilé ou à l'extérieur : sous les modules ou fixés sur une paroi nord et protégés des intempéries par un auvent. Il faudra en ce cas vérifier que leurs indices de protection climatiques sont compatibles avec un usage en extérieur.

Les onduleurs solaires sont faits pour être accrochés à un support ou une paroi. Ils se présentent sous la forme d'un boîtier fermé, autour duquel les espacements minimum requis sont précisés dans la notice de montage. À titre d'exemple, les dimensions d'un onduleur de 10 kVA sont de l'ordre de 50 cm x 50 cm pour une profondeur de 30 cm.

(Source : CEC179)

(Source : Sumeric)

## Mise en service de l'installation

Une fois l'installation terminée, un bureau de contrôle valide la conformité de l'installation à la NFC 15-100 et à la version en vigueur du guide UTE C15-712-1 (ou XPC15-712-3 en cas de stockage). Cette validation du bureau de contrôle permet d'obtenir le certificat de conformité de l'installation par le CONSUEL.

Après obtention du certificat de conformité, la mise en service de l'installation peut être demandée auprès du gestionnaire de réseau.

Dans le cas d'une colonne montante, le raccordement en pied ou haut de colonne doit être défini au préalable et l'emplacement pour le compteur préparé en conséquence.



(Source : CREER)



(Source : CREER)

**FICHE H**  
Raccordement au réseau

Compteur, kit de raccordement installé par le gestionnaire de réseau, et procédure de mise en service d'une installation.

## 6.3 RÉCEPTION

Avant réception des travaux, le maître d'œuvre en concertation avec le maître d'ouvrage visera les documents suivants :

- Un dossier des ouvrages exécutés (DOE),
- Les certificats de garantie des matériels avec leur durée et extension de garantie onduleur,
- La série de tous les plans et schémas de recollement,
- Un manuel technique destiné à l'exploitant,
  - Les plans des modules avec la référence de chaque module identifiant son emplacement,
  - Les schémas électriques détaillés et normalisés,
  - Les plans de câblage de l'installation et des équipements fournis,
  - Les spécifications et documentations techniques en français.
- Le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO) :
  - Consignes d'exploitation,
  - Consignes d'entretien et de maintenance avec descriptif des opérations à effectuer et leur périodicité,
  - Instructions pour le diagnostic des pannes courantes.

La réception fera préalablement l'objet de contrôles et vérification :

- Examen des installations et vérification de leur conformité,
- Vérification des caractéristiques des équipements,
- Vérification du fonctionnement et des performances de l'installation,
- Mesures de contrôle de la production de l'installation,
- Les numéros de panneaux.



(Source : Centrosolar)



(Source : Hovus-ERP)

Installation photovoltaïque en étanchéité de terrasse.

Installation photovoltaïque en garde-corps de terrasse.

Les démarches de vérification électrique par un bureau de contrôle et d'obtention du certificat du CONSUEL sont usuellement prises en charge techniquement et administrativement par l'entreprise de travaux.

**!** Le certificat de conformité du CONSUEL est indispensable pour programmer et réaliser la mise en service.

C'est à compter de la réception que démarrent les garanties de parfait achèvement, de bon fonctionnement, de responsabilité décennale et de dommage ouvrage.

**!** La réception ne peut intervenir qu'après la mise en service afin de s'assurer du bon fonctionnement de l'installation.

## 6.4 FINALISATION DU PROJET

Après réception des travaux, le maître d'ouvrage doit finaliser son projet en concluant les différents contrats intervenants dans la vie de l'installation et qui sont abordés au chapitre suivant.

### Contrat de maintenance

La réalisation du DIUO permet au maître d'ouvrage de connaître parfaitement les conditions d'intervention d'une entreprise de maintenance qui peut réaliser une offre au maître d'ouvrage. Il doit prendre en compte les obligations de vérification électriques périodiques valables pour certains bâtiments dont les Immeubles de Grande Hauteur (IGH).

### Contrat d'assurance

Le procès verbal de réception et l'attestation de conformité du CONSUEL sont des pièces à transmettre à l'assurance pour finaliser les contrats d'assurances responsabilité civile producteur d'électricité et dommages aux biens.

### Contrat d'achat de l'électricité, le cas échéant

Dans les mois suivant la mise en service de l'installation, le gestionnaire de réseau transmet les éléments permettant à l'acheteur obligé d'envoyer le contrat d'achat de l'électricité photovoltaïque.

## MÉMO DE LA PHASE TRAVAUX

	Technique	Administratif
<b>EXE</b>	Visa du dossier d'exécution	Proposition de raccordement
<b>OPC</b>	Chantier CONSUEL	Assurances tous risques chantiers et dommages ouvrage
<b>RCP</b>	Visa du dossier des ouvrages exécutés réception et mise en service	Assurances resp. civile et dommages aux biens
	Première année d'exploitation	Contrat d'achat garantie de parfait achèvement

(Source : FESPIU)

Étapes du projet photovoltaïque en phase Travaux

**Exploitation**

# PHASE VIE DE L'INSTALLATION

Ce paragraphe décrit les éléments à prendre en compte durant la vie de l'installation : le suivi de l'installation, l'entretien et la maintenance, les assurances et les garanties.

## 7.1 SUIVI DE L'INSTALLATION

Le suivi de l'installation permet au maître d'ouvrage de contrôler le bon fonctionnement, de disposer de données quantitatives sur le fonctionnement et de pouvoir déclencher des opérations de maintenance et d'entretien rapidement.

Le suivi est réalisé à l'aide d'un système de suivi dédié. Un système de suivi et de surveillance efficace offre :

- Contrôle de la plausibilité des données enregistrées (communication entre plusieurs onduleurs, comparaison avec les données de capteurs ou les données météo de satellites.),
- Algorithmes capables d'évaluer les données au jour le jour et d'afficher une réaction en cas d'erreur dans l'installation photovoltaïque,
- Affichage du ratio de performance de l'installation photovoltaïque,
- Réaction rapide en cas d'erreur (généralement le jour suivant),
- Information du maître d'ouvrage, de l'installateur ou du chef d'exploitation,
- Bonne visibilité du traitement des données (portail, enregistreur),
- Configuration simple et intuitive,
- Un suivi de la consommation et de l'autoconsommation le cas échéant.



Le suivi et la surveillance d'une installation présentent des coûts variables en fonction du détail des informations disponibles et de la taille de l'installation. Le coût annuel est de 0 à 300 €/HT/an, de 1 à 3€ HT/kW.



(Source : CHER)

## 7.2 ENTRETIEN ET MAINTENANCE

### 7.2.1 Maintenance annuelle

La maintenance annuelle comporte une visite technique de l'installation permettant de :

- Vérifier l'état de l'installation pour la sécurité des biens et des personnes,
- Vérifier l'état de l'installation pour l'optimisation de la production,
- Vérifier l'état du système de suivi,
- Planifier et ajuster les opérations de maintenance prévisionnelle.



La maintenance annuelle présente des coûts variables en fonction de la taille de l'installation. Le coût annuel est compris entre 5 et 10 €/HT/kW.

Avec l'utilisation de systèmes de suivi des installations, il est possible d'espacer ces visites techniques et de cibler certaines interventions.

## 7.2.2 Maintenance prévisionnelle

La maintenance prévisionnelle a pour but d'effectuer des opérations de tests et d'entretiens plus approfondis afin de détecter des défauts échappant au système de suivi et à la maintenance annuelle et d'améliorer les performances de production. Elle comporte :

- Le nettoyage des modules,
- Le contrôle des modules à la caméra thermique.

La maintenance annuelle systématique permet d'évaluer la périodicité de cette maintenance prévisionnelle, notamment les besoins de nettoyage de l'installation en évaluant les pertes de recettes liées à l'encrassement des modules. En fonction de l'installation et de son environnement le nettoyage des modules peut intervenir tous les 1 à 5 ans.

 **La maintenance prévisionnelle présente des coûts variables en fonction de l'accessibilité et de la taille de l'installation. Les coûts s'élèvent d'autant plus que l'accès aux modules nécessite des équipements de sécurité importants (brise-soleil, bardage...).**

## 7.2.3 Maintenance curative

La maintenance curative a pour but d'intervenir suite à un dysfonctionnement identifié par le système de suivi ou une opération de maintenance systématique ou prévisionnelle. Les coûts de ces interventions dépendent du défaut à corriger, des conditions du contrat de maintenance et des conditions de garantie du matériel.

## 7.2.4 Contenu d'un contrat de maintenance

Le contrat de maintenance doit contenir les éléments suivants :

- Description de l'installation,
- Protocole d'intervention,
- Qualification des intervenants.
- Détails de la prestation de **maintenance annuelle** :
  - État général de l'installation,
  - Vérification de l'absence de corrosion,
  - État des câbles, boîtes de jonction et connexions,
  - Resserrage des bornes sur tableaux électriques,
  - Contrôle visuel et caractéristiques techniques des fusibles, disjoncteur et parafoudres,
  - Essai des éléments de protection (disjoncteur différentiel, interrupteur),
  - Vérifications des liaisons equipotentielle,
  - Fonctionnement de la fonction coupure d'urgence,
  - Vérification du maintien des conditions initiales de l'environnement des modules photovoltaïques,
  - Maintien des conditions thermiques d'exploitation des modules en fonction des prescriptions du fabricant,
  - Vérification du maintien des conditions d'exploitation des locaux et du maintien de leur destination initiale,
  - Dépoussiérage,
  - Analyse des caractéristiques des chaînes.
- Détails de la prestation de **maintenance préventive** :

Le contrat doit indiquer le coût des prestations suivantes, l'aspect systématique ou non de ces prestations, la périodicité de déclenchement.

  - Nettoyage des modules photovoltaïques,
  - Analyse des modules à la caméra thermique.

- Détails de la prestation de **maintenance curative** :
  - Modalité de déclenchement d'une maintenance curative par le maître d'ouvrage,
  - Frais de déplacement,
  - Taux horaires d'intervention.

## 7.3 ASSURANCES

En phase exploitation, le producteur devra obligatoirement être couvert par une assurance responsabilité civile pour les dégâts causés aux tiers, et pourra contracter des assurances complémentaires telles que la dommage aux biens ou la perte de recettes d'exploitation visant la protection de ses propres équipements.

La souscription de l'assurance du bâtiment et de l'installation photovoltaïque auprès de la même compagnie peut faciliter le dédommagement ultérieur en évitant les renvois de responsabilités.

En cas de tiers-investissement, les assurances liées à l'exploitation des panneaux photovoltaïques seront contractées par le tiers-exploitant. En revanche, l'organisme de logement social, propriétaire bailleur, continuera à assurer son bâtiment contre l'incendie. Un état des lieux avant et après installation des panneaux permettra d'éviter les litiges.

### 7.3.1 Responsabilité civile producteur d'électricité photovoltaïque - Obligatoire

Une installation solaire photovoltaïque étant connectée à un réseau public de distribution, elle peut être à l'origine d'un risque d'accident lié à sa fonction même de production d'électricité. Il est donc nécessaire que le producteur d'électricité photovoltaïque soit assuré par un contrat d'abonnement couvrant sa responsabilité civile pour les dommages corporels, matériels et immatériels causés aux tiers.

Une attestation d'assurance responsabilité civile est indispensable pour procéder à la mise en service de l'installation photovoltaïque par le gestionnaire de réseau.

### 7.3.2 Dommages aux biens - Obligatoire

En cours d'exploitation, l'installation photovoltaïque peut subir des dommages matériels résultant de tout évènement extérieur soudain et imprévisible tel que : incendie, foudre, court-circuit, choc extérieur, catastrophe naturelle, tempête, ouragan, cyclone, explosion, vandalisme.

Un contrat d'assurance « dommages aux biens » apporte une garantie pour la réparation ou le remplacement de tout ou partie de l'installation par suite de dommages subis par l'installation exploitée et ses équipements.

La garantie contre le vol est souvent en option dans ce type de contrat et doit être étudiée au cas par cas selon l'installation et la volonté du maître d'ouvrage.

Les risques assurés étant en lien avec les risques du bâtiment concerné par l'installation, il est indispensable que l'assureur du bâtiment soit le même que celui de l'installation photovoltaïque.

### 7.3.3 Perte de recettes - Facultative

Le contrat garantit le paiement d'une indemnité correspondant à la perte de recette qui est la conséquence directe d'un dommage matériel indemnisable au titre des garanties souscrites, pendant la période d'indemnisation. Le montant garanti est celui de la recette annuelle déclarée à la conclusion du contrat.

Les pertes de recette consécutives à une panne accidentelle du réseau public d'électricité qui rend impossible, pour le producteur d'électricité, l'injection de l'électricité produite dans ce dernier peuvent également être prises en charge.



**La taille du parc immobilier d'un organisme de logement social et les contrats d'assurance existants n'impliquent pas de surcoût identifiable du fait de la présence d'une installation photovoltaïque. Cela n'exonère pas le bailleur de déclaration auprès de son assureur et de la souscription d'assurances facultatives.**

## 7.4 GARANTIES

### 7.4.1 Garanties légales

Comme tout ouvrage, un système photovoltaïque bénéficie des garanties légales usuellement pratiquées, à savoir :

- **Garantie de parfait achèvement** : couvre les désordres et malfaçons pendant 1 an,
- **Garantie de bon fonctionnement (dite biennale)** : couvre les vices des éléments dissociables de la construction pendant 2 ans,
- **Garantie décennale** : couvre la solidité de l'ouvrage et les défauts d'étanchéité à la fin de la garantie de parfait achèvement et jusqu'à 10 ans après la réception.

### 7.4.2 Modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques disposent de deux garanties du fabricant :

- **Une garantie du matériel** : Le fabricant garantit ses modules contre tout défaut matériel ou de fabrication,
- **Une garantie de performances** : Le fabricant garantit un pourcentage de la puissance crête initiale du module.

#### Garantie matériel :

La majorité des fabricants garantissent les modules pendant une période de **10 ans**. Certains fabricants, de par leur démarche commerciale, leur process de fabrication ou leur recul proposent des garanties pouvant aller **de 12 à 30 ans**.

 Il est indispensable que le maître d'ouvrage conserve les numéros de série de l'ensemble des modules de son installation afin de pouvoir déclencher cette garantie.

#### Garantie de performances :

La majorité des fabricants garantissent 80 % de la puissance crête initiale au bout de 25 ans. Certains fabricants, de part leur démarche commerciale, leur process de fabrication ou leur recul proposent des garanties supérieures.

 Il est indispensable que le maître d'ouvrage conserve les numéros de série de l'ensemble des modules de son installation ainsi que les puissances crêtes initiales afin de pouvoir déclencher cette garantie.

#### Réassurance :

Certains fabricants disposent d'une assurance permettant le maintien de leur garantie en cas de faillite. Étant donné la situation changeante du marché, c'est une assurance supplémentaire à prendre en compte lors du choix d'un produit.

### 7.4.3 Onduleurs

La majorité des fabricants garantissent les onduleurs pour une période de 5 à 10 ans. Pour une durée de contrat de vente d'électricité de 20 ans et une durée d'exploitation de 20 à 30 ans, il convient de prendre en compte cette durée de garantie :

- Soit en provisionnant le coût du remplacement du ou des onduleur(s).
- Soit en souscrivant auprès du fabricant une extension de garantie.

Ce choix se fait en fonction de la volonté du maître d'ouvrage et des conditions technico-économiques proposées. A titre d'exemple, voici des notions de coût pour les onduleurs et leurs extensions de garanties (à fin 2012) :

- Coût d'un onduleur : ..... 100 à 600 €/kW,
- Extension de garantie à 20 ans : ..... 70 à 230 €/kW,
- Extension de garantie à 25 ans : ..... 130 à 500 €/kW.

 Il est indispensable que le maître d'ouvrage conserve le certificat de garantie ou d'extension de garantie du fabricant mentionnant le numéro de série de l'onduleur.

## 7.5 DÉMONTAGE ET RECYCLAGE



(Source : Association PV Cycle)

Panneaux photovoltaïques en fin de vie

Bien que la durée de vie estimée des systèmes soit de 25 à 40 ans, la démarche de développement durable dans laquelle s'inscrit la filière photovoltaïque nécessite la prise en charge des équipements en fin de vie. Celle-ci n'est pas nécessairement concomitante à la fin du contrat d'obligation d'achat.

Au vu du volume installé relativement modeste sur les 20 dernières années, la question de la faisabilité du recyclage a été principalement abordée d'une part au travers de programmes de recherche de l'Agence Internationale de l'Énergie (tâche 12 du programme systèmes de production photovoltaïque ou encore PVPS), et d'autre part par la mobilisation des fabricants autour de la mise en place prévisible d'une réglementation contraignante. Certains fabricants ont même développé des lignes pilote de recyclage de panneaux photovoltaïques, soit en anticipation du marché, soit parce que leur technologie de cellules demandait une garantie environnementale de reprise.

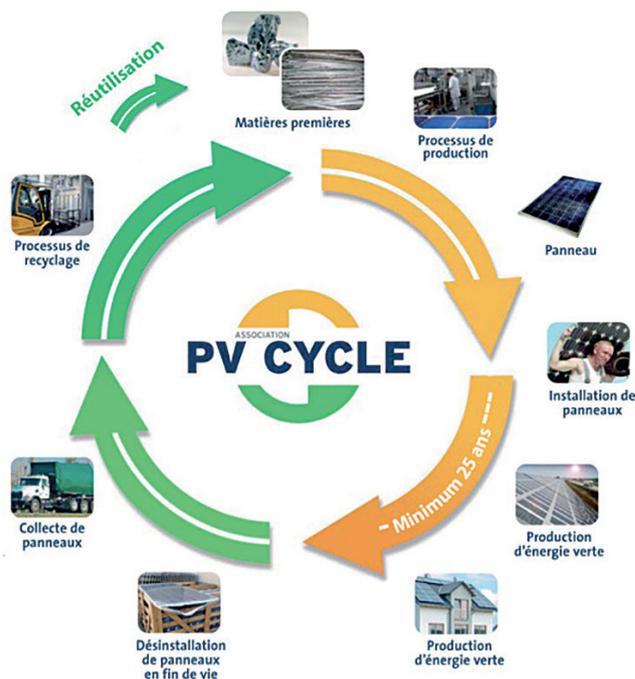
❗ L'entrée des panneaux photovoltaïques dans le champ d'application de la Directive relative aux Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques (DEEE) en juillet 2012 change la donne, mettant en place la « responsabilité élargie du producteur » découlant du principe de pollueur-payeur.

- **Qui est concerné ?** Les producteurs au sens de la DEEE sont les fabricants ou importateurs de modules photovoltaïques. Il ne s'agit donc pas des producteurs d'électricité d'origine photovoltaïque, que sont par exemple les organismes de logement social, qui sont dans le cadre de cette directive les utilisateurs finaux ou les détenteurs d'équipements en fin de vie,
- **Comment le recyclage s'organise-t-il ?** La profession s'oriente vers la mise en place d'un flux individualisé pour les panneaux photovoltaïques, avec des points de collecte spécifiques,
- **Quelles implications pour les maîtres d'ouvrage photovoltaïque ?** La directive DEEE implique la gratuité du système de collecte et de recyclage pour les utilisateurs finaux, les opérations de démantèlement restant par ailleurs à leur charge.

Dans le cadre de la réglementation relative aux DEEE, l'ADEME est chargée de la gestion du registre des producteurs. Elle informe également les détenteurs de déchets électriques et électroniques en fin de vie des solutions qui s'offrent à eux pour les gérer par le biais de son site internet : dépôt en déchetterie, éco-organismes en charge de la collecte.

En France, le seul éco-organisme agréé par les pouvoirs publics pour la prise en charge des panneaux photovoltaïques usagés pour la période 2015-2020 est la sas PV CYCLE France, créée en 2014. Elle a mis en place un système collectif de collecte et de recyclage et accepte tous les panneaux en provenance du marché français, quelle que soit leur marque ou leur technologie.

Les autres parties du système (structures support, onduleurs, composants électriques, câbles, ...) suivent les flux de déchets auxquels ils se rattachent habituellement.



(Source : Association PV Cycle)

e-veasol

Processus de recyclage de panneaux photovoltaïques



*Cité Pierre Camus (OPH de l'Angoumois) à Angoulême (16)*



## GLOSSAIRE

- ABF** : Architecte des Bâtiments de France
- ACT** : Assistance pour la passation des contrats de travaux
- ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
- AMO** : Assistance à Maîtrise d'Ouvrage
- APD** : Avant-Projet Détaillé
- APS** : Avant-Projet Sommaire
- Atec** : Avis technique
- AVAP** : Aire de mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine
- BEPOS** : Bâtiment à Energie POSitive
- CA** : Courant Alternatif
- CC** : Courant Continu
- CCTP** : Cahier des Clauses Techniques Particulières
- CONSUEL** : COMité National pour la Sécurité des Usagers de l'Electricité
- CSPE** : Contribution au Service Public de l'Electricité
- CSPS** : Coordonnateur Sécurité-Protection de la Santé
- DCE** : Dossier de Consultation des Entreprises
- DEEE** : (Directive) Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques
- DIN** : Deutsches Institut für Normung Organisme Allemand de normalisation
- DIUO** : Dossier des Interventions Ultérieures sur l'Ouvrage
- DO** : Dommage Ouvrage
- DOE** : Dossier des Ouvrages Exécutés
- DTU** : Documents Techniques Unifiés
- EDF** : Électricité de France
- GRD ENEDIS** : Gestionnaire de réseau (anciennement ERDF)
- ERP** : Etablissement Recevant du Public
- ETN** : Enquête Technique Nouvelle
- EXE** : Etudes d'EXécution
- IGH** : Immeubles de grande Hauteur
- MH** : Monuments Historiques
- MO** : Maître d'Ouvrage
- MOE** : Maître d'Œuvre
- NF** : Norme Française
- OPC** : Ordonnancement, Coordination et Pilotage du chantier
- PGC** : Plan Général de Coordination
- PLU** : Plan Local d'Urbanisme
- PRO** : Etudes de projet
- PSP** : Plan Stratégique de Patrimoine
- PTF** : Proposition Technique et Financière de raccordement au réseau de distribution
- PVPS** : Programme Systèmes de Production Photovoltaïque
- SDIS** : Service Départemental d'Incendie et de Secours
- TURPE** : Tarif d'Utilisation des Réseaux Publics d'Electricité
- UTE** : Union Technique de l'Electricité
- ZPPAUP** : Zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager

# RÉFÉRENCES

## Photovoltaïque.info

Photovoltaïque.info est un centre de ressources permettant de comprendre les enjeux et les démarches associés au photovoltaïque.

Vous pourrez d'une part y puiser les informations utiles pour mieux comprendre ce mode de production d'électricité, et d'autre part, disposer de l'ensemble des informations nécessaires à la réalisation de projets.

**[www.photovoltaïque.info](http://www.photovoltaïque.info)**

## QUALIT'ENR

Association française pour la qualité d'installation des systèmes à énergie renouvelable. Qualit'EnR intervient pour la promotion de la qualité des prestations des professionnels, et gère des dispositifs de qualité et des règlements afférents aux appellations : « Qualisol », « QualiPV », « Qualibois », et « QualiPAC ». C'est notamment un organisme de qualification sur la thématique du photovoltaïque.

**[www.qualit-enr.org](http://www.qualit-enr.org)**

## QUALIBAT

Qualibat est un organisme de qualification et de certification des entreprises du bâtiment, notamment sur la thématique du photovoltaïque.

**[www.qualibat.com](http://www.qualibat.com)**

## QUALIFELEC

Qualifelec est l'Association Professionnelle et Technique de Qualification des Entreprises du Génie Electrique et Energétique, c'est également un organisme de qualification notamment sur la thématique du photovoltaïque.

**[www.qualifelec.fr](http://www.qualifelec.fr)**

## CSTB

(Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) :

On y retrouve notamment :

- La liste des avis techniques,
- La liste des pass innovation.

**[www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)**

## Points de collecte des panneaux photovoltaïques en fin de vie

Association PVCycle : **[www.pvcycle.org/fr](http://www.pvcycle.org/fr)**

## La plaquette AQC

« Photovoltaïque en autoconsommation ».

**[www.qualiteconstruction.com/node/3090](http://www.qualiteconstruction.com/node/3090)**

## Réglementation – Labels

Réglementation : **[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)** / **[www.rt-batiment.fr](http://www.rt-batiment.fr)**

Labels : **[www.effnergie.org](http://www.effnergie.org)** / **[www.minergie.fr](http://www.minergie.fr)**

**[www.lamaisonpassive.fr](http://www.lamaisonpassive.fr)**

## ENEDIS

Principal gestionnaire de réseau du territoire français, vous trouverez sur leur site les documents concernant le raccordement, l'accès au réseau et les démarches liées à l'autoconsommation.

**[www.enedis.fr](http://www.enedis.fr)**

## EDF OA

Principal acheteur obligé, vous trouverez sur leur site les documents concernant l'obligation d'achat (conditions générales et particulières des contrats, facturation en ligne, guides de démarches, etc.).

**[www.edf-oa.fr](http://www.edf-oa.fr)**

## Le guide RAGE

« Systèmes photovoltaïques par modules rigides en toiture inclinée » et son adaptation en calepin de chantier qui résume les règles de l'art pour les systèmes intégrés en toitures inclinées.

**[www.programmepacte.fr](http://www.programmepacte.fr)**

## Les guides GMPV-FFB

« Règles de bonne conduite pour le développement du photovoltaïque dans le bâtiment », « Photovoltaïque : guide rédaction des descriptifs de travaux », « Les solutions d'autoconsommation de l'électricité photovoltaïque dans le bâtiment » et « recommandations professionnelles pour les toitures-terrasse ».

**[www.gmpv.ffbatiment.fr](http://www.gmpv.ffbatiment.fr)**

## Le guide de l'Union Sociale pour l'Habitat

« Repères N°44, Production d'énergie et autoconsommation : enjeux et opportunités pour la maîtrise d'ouvrage sociale ».

**[ressourceshm.union-habitat.org/ush/](http://ressourceshm.union-habitat.org/ush/)**

## Modèle de contrat d'autoconsommation collective

Publication d'Observ'ER

**[www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/contrat-autoconsommation-collective-electricite.pdf](http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/html/contrat-autoconsommation-collective-electricite.pdf)**



