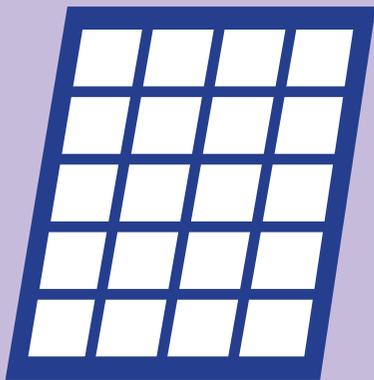


# Coupler rénovation énergétique et solarisation des toitures



# Introduction

Dans un contexte marqué par des objectifs d'indépendance énergétique, de décarbonation et de sobriété foncière, la solarisation des toitures apparaît comme une solution clé. En effet, avec des délais de développement et de construction relativement courts, la filière solaire contribue activement à l'atteinte des objectifs climat-énergie nationaux et locaux à l'horizon 2030.

Pour les collectivités locales, la solarisation des toitures de leur parc permet de réduire ou de compenser leurs factures d'énergie, qui [représentaient 4,2% de leurs charges de fonctionnement en 2017\\*](#). Pendant la crise énergétique de 2021, [les dépenses énergétiques des collectivités\\*\\*](#) ont connu des hausses significatives, de 30 % à 300 %, impactant leurs finances.

Les retombées ne sont pas uniquement économiques et environnementales, le développement de cette filière est source de création d'emplois non délocalisables et permet de valoriser le patrimoine public.

En parallèle, les collectivités territoriales sont soumises au décret tertiaire, qui leur impose des objectifs ambitieux de rénovation énergétique des bâtiments publics sur le moyen terme : les bâtiments ou ensembles de bâtiments de plus de 1000 m<sup>2</sup> doivent réduire leur consommation d'énergie de 40%, 50% et 60% respectivement en 2030, 2040 et 2050. Qui plus est, la révision de la Directive Efficacité Énergétique au niveau européen impose un rythme de rénovation encore accru pour les bâtiments publics de plus de 250 m<sup>2</sup>. L'atteinte de ces objectifs leur demande une nécessaire ingénierie interne et d'importants investissements.

\* Dépenses #énergétiques des collectivités locales : # Consommations en légère hausse, factures en baisse

\*\* Les collectivités territoriales face à la hausse du coût des énergies



La France dispose d'un gisement important, la solarisation des territoires est donc un des grands chantiers des prochaines décennies, au même titre que la rénovation énergétique.

L'objet de ce document est d'explorer les synergies entre ces deux leviers à disposition des collectivités locales et de les guider concrètement dans le couplage de projets de rénovation énergétique de leurs bâtiments et de solarisation des toitures. Ce guide traite à la fois du solaire thermique et photovoltaïque ; néanmoins certaines sections sont concentrées sur les installations photovoltaïques et d'autres sur le solaire thermique pour mieux appréhender leurs spécificités et les décisions associées.

Avant toute opération de rénovation et/ou de solarisation d'un bâtiment, il est essentiel de développer une démarche de sobriété énergétique. Se concentrer en premier lieu à la définition du besoin et à sa réduction dans la mesure du possible, à l'ensemble des démarches de sobriété et d'efficacité énergétique permettant de concevoir des installations renouvelables pérennes et bien dimensionnées. En effet, solariser une toiture ou un espace ne doit pas être une finalité mais une réponse à un besoin (de chaleur pour du solaire thermique ou d'électricité pour du solaire photovoltaïque).



**Articuler rénovation énergétique et solarisation, c'est transformer une contrainte réglementaire en un levier stratégique de transition. Cette approche intégrée permet de mutualiser les travaux, d'optimiser les investissements publics et de maximiser l'impact environnemental. Pour les collectivités, c'est l'opportunité de structurer des projets plus complets et mieux adaptés aux défis énergétiques à venir !**

Guillaume Perrin,  
Directeur d'ACTEE



# Sommaire

---

## 1. Contexte réglementaire et documents cadres p. 06

---

- A. Contexte réglementaire
- B. Outils de planification



## 2. Parcours de solarisation et de rénovation pour une collectivité et points d'attention p. 12

---

- A. Développer une approche de la solarisation des toitures à l'échelle du parc
- B. Comment coupler techniquement rénovation et solarisation
- C. Contraintes et solutions



## 3. Typologie de panneaux solaires p. 30

---

- A. Les panneaux solaires photovoltaïques
- B. Les panneaux solaires thermiques

## 4. Montages contractuels et économiques p. 38

---

- A. Choisir le mode de valorisation économique de la production photovoltaïque
- B. Les aides financières
- C. Montages contractuels



## Conclusion p. 48 Annexes p. 49

---



# Contexte réglementaire et documents cadres



# A. Contexte réglementaire

**Aux échelles internationale, européenne, nationale et locale, l'importance du développement de l'énergie solaire est reconnue depuis les premiers protocoles environnementaux structurants des années 1990. Néanmoins, ce n'est qu'à partir de 2019 que des objectifs de solarisation précis et contraignants ont été inscrits dans la réglementation française.**

L'Union européenne a joué un rôle précurseur en fixant un cadre pour le développement du solaire. En juillet 2021, le plan Fit for 55 prévoit de porter à 40% la part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen d'ici 2030. Cet objectif est croisé avec celui de rénovation énergétique (le secteur public est tenu à un double objectif de réduction de 1,9% de sa consommation d'énergie chaque année et de rénovation de 3% de ses bâtiments chaque année), incitant acteurs privés et publics à accélérer la rénovation de leurs parcs d'ici 2030 et d'y intégrer, dès que possible, la solarisation des bâtiments.

En France, le Dispositif Eco Energie Tertiaire (DEET) impose aux collectivités territoriales des réductions de la consommation énergétique des bâtiments tertiaires de plus de 1 000 m<sup>2</sup> : de 40% d'ici 2030, de 50% d'ici 2040 et de 60% d'ici 2050 en valeur relative ; ou en valeur absolue ([pour en savoir plus sur le DEET](#))\*. Pour réduire leurs consommations, les collectivités peuvent s'appuyer sur des mesures d'efficacité énergétique, mais aussi sur une production d'électricité issue d'énergies renouvelables (en autoconsommation individuelle uniquement).

En 2021, l'article 101 de la loi Climat et Résilience modifie l'article L. 171-4 du Code de la Construction et de l'Habitation (CCH) et impose l'obligation de végétaliser ou de solariser les toitures des nouveaux bâtiments à usage commercial, industriel ou artisanal, dès lors qu'ils créent une emprise au sol de plus de 500 m<sup>2</sup> ; ainsi que des immeubles de bureau d'une emprise au sol de plus de 1 000 m<sup>2</sup>. Cette obligation s'applique également aux extensions et aux "rénovations lourdes" des bâtiments aux usages précités. L'article 101 précise que le dispositif de production d'énergies renouvelables ou de végétalisation doit couvrir au moins 30% de la surface de la toiture solarisable.

## Rénovation lourde versus rénovation énergétique

Juridiquement, une rénovation lourde implique des travaux de renforcement ou de remplacement d'éléments de structure du bâtiment, dans le but de le stabiliser ou de le solidifier. Dans le cas d'un aménagement des combles par exemple, les travaux seront qualifiés de lourds s'ils nécessitent une intervention sur la charpente ou sur les planchers. Certains projets de rénovation énergétique peuvent donc entrer dans le champ des rénovations lourdes, en particulier dans le cas de rénovations globales.

\* Webinaire Décret Tertiaire



La loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables, dite loi APER, apporte des précisions supplémentaires à cette obligation. L'article 41 étend son champ d'application à d'autres types de bâtiments, tels que les bâtiments administratifs, les hôpitaux, les équipements sportifs, récréatifs et de loisirs et les bâtiments scolaires et universitaires. La loi APER crée également une obligation d'équipement pour les parcs de stationnement d'une surface de 1 500 m<sup>2</sup>. Plusieurs décrets et arrêtés précisent ensuite les conditions d'application

spécifiques, les échéances à respecter – notamment en termes de surface de toiture à couvrir par le dispositif –, les exemptions et sanctions prévues. En cas de rénovation lourde ou de construction neuve, la délivrance du permis de construire sera conditionnée à la présence d'une installation solaire sur les plans. En 2028, tous les bâtiments tertiaires publics existants de plus de 500 m<sup>2</sup> d'emprise au sol seront concernés par l'obligation de solarisation ou de végétalisation des toitures, qu'ils fassent l'objet d'une intervention ou non.



Les nouvelles constructions (demandes déposées après le 01/01/2024) et les extensions et rénovations lourdes de plus de 500m<sup>2</sup> d'emprise au sol sont concernées.

Le taux de couverture minimal à respecter est de 30% à 40%

Le taux de couverture minimal à respecter est de 40% à 50%

Tous les bâtiments existants de plus de 500m<sup>2</sup> d'emprise au sol doivent se conformer.

Le taux minimal de couverture à respecter n'est pas encore défini.

Le taux de couverture minimal à respecter est de 30% de la surface au sol du bâtiment

➤ Obligation de solarisation/végétalisation des toitures : échéances pour les bâtiments publics tertiaires\*\*

En parallèle de ces obligations, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (TECV) du 17 août 2015 et ses textes d'application ont introduit une innovation qui ouvre de nouvelles perspectives de déploiement de l'énergie solaire photovoltaïque : l'autoconsommation collective. Ce montage permet à plusieurs bâtiments de consommer l'énergie produite par une installation solaire située à proximité. Dans certains cas, il permet de combler plusieurs inconvénients de l'autoconsommation individuelle et de valoriser des modes de production locaux et citoyens.

**Ces textes successifs posent un cadre ambitieux, graduel et précis pour la rénovation énergétique et la solarisation des bâtiments publics tertiaires. Même si ces deux solutions sont peu souvent traitées conjointement par la réglementation, elles sont complémentaires et permettent aux collectivités territoriales d'atteindre plus efficacement leurs objectifs, tout en anticipant les prochains jalons réglementaires. Même en l'absence d'obligations, la rénovation énergétique et la solarisation des bâtiments sont des opérations gagnantes pour les collectivités et les coupler réduit le nombre d'interventions nécessaires sur un même bâtiment, et ainsi les coûts.**

\*\* Consultez la plaquette ACTEE décryptage de l'obligation de solarisation/végétalisation pour en savoir plus



# B. Outils de planification

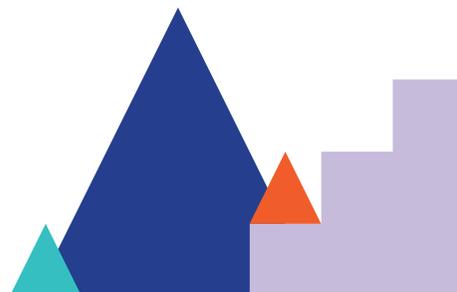
**Certains outils de planification territoriale cadrent également les actions des collectivités territoriales. Cela peut se traduire par des objectifs de solarisation des toitures et/ou des mesures obligatoires.**

■ **A l'échelle régionale**, le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) intègre des priorités pour la mise en œuvre des énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire par l'identification des zones à fort potentiel solaire ;

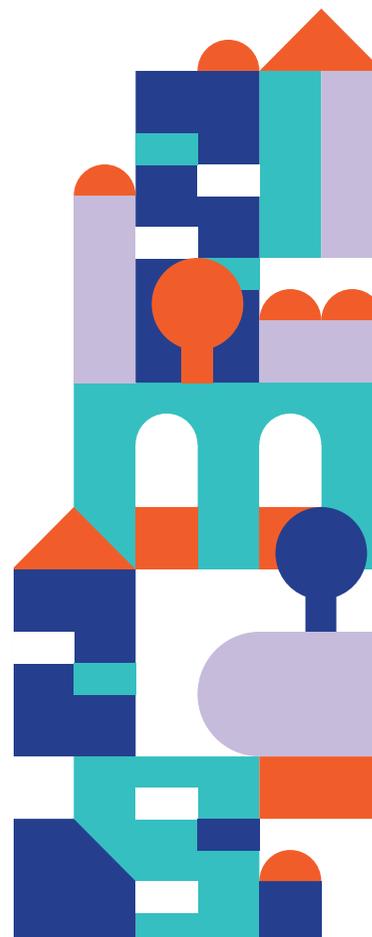
■ **A l'échelle intercommunale**, le Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET), obligatoire pour les intercommunalités de plus de 20 000 habitants, contient généralement des objectifs clairs de rénovation énergétique des bâtiments et de développement des énergies renouvelables. Pour encourager le croisement de ces deux objectifs, des actions spécifiques peuvent être incluses, telles que la réalisation d'un cadastre solaire, la simplification des démarches administratives pour les installations solaires ou le soutien de coopératives citoyennes d'énergie. Le PCAET peut être complété par un schéma directeur de l'énergie ;

■ **A l'échelle intercommunale également**, le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) ne réglemente pas directement les rénovations, mais peut jouer un rôle en fixant des objectifs et des cadres d'action pour les documents d'urbanisme locaux (PLU, PLUi). Il peut par exemple prioriser les zones adaptées au déploiement d'installations solaires ou lever certaines restrictions dans les zones urbaines pour faciliter la solarisation des toitures ;

■ **Aux échelles intercommunale et communale**, le Plan Local d'Urbanisme (PLU), obligatoire pour chaque commune ou regroupement de communes sous la forme d'un PLUi, fixe les règles d'urbanisme et d'occupation et d'utilisation du sol à l'échelle locale. Des mesures incitatives et réglementaires favorisant l'installation de panneaux solaires peuvent être intégrées, telle que l'identification de secteurs de renouvellement urbain où la rénovation énergétique inclut la solarisation. En parallèle, le PLU encadre l'intégration paysagère et architecturale des installations solaires et définit les zones protégées dans lesquelles la solarisation de toitures est contrainte par des directives esthétiques.



En s'appuyant sur ces cadres régionaux, locaux et intercommunaux, les collectivités disposent de moyens concrets et cohérents pour accélérer le déploiement de l'énergie solaire sur leur territoire. [Un portail cartographique des énergies renouvelables<sup>1</sup>](#) est produit par le ministère chargé de la transition énergétique, l'IGN et le Cerema pour appuyer les communes dans l'identification de zones potentiellement propices à l'implantation d'énergies renouvelables sur leur territoire. Il permet notamment de répertorier les « zones d'accélération des énergies renouvelables » (ZAER) arrêtées pour le solaire photovoltaïque et pour le solaire thermique.



## Le photovoltaïque en toiture, un outil pour solariser les territoires sans artificialiser

Dans certaines zones déjà artificialisées, comme les friches industrielles, les centrales solaires au sol permettent une production d'énergie à grande échelle, souvent à moindre coût. Cependant, pour les zones où la pression foncière est forte et l'espace au sol limité, les toitures des bâtiments et les ombrières de parkings sont des cibles idéales pour développer des infrastructures photovoltaïques. De même, en milieu rural, la solarisation des toitures préserve les espaces naturels et agricoles. Une étude de l'ADEME parue en 2020 a estimé le potentiel national de développement du photovoltaïque sur toitures à 350 GWc<sup>2</sup>. Cela représenterait une production d'environ 350 TWh/an, soit près de 80 % de la consommation électrique annuelle française, ou encore l'équivalent de la consommation de plus de 100 millions de ménages<sup>3</sup>. Cette vision est par exemple partagée par la région Hauts-de-France, qui a inclus dans son SRADDET l'objectif à horizon 2031 de « développer le solaire photovoltaïque, en priorité sur les toitures, les espaces artificialisés, les délaissés urbains et à l'exclusion des sols à usage agricole et des espaces naturels ».

1- [Un portail cartographique des énergies renouvelables](#)



2- [Potentiel de développement sur toitures | DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur](#)



3- Hypothèses de calcul :

- 1 kWc installé produit en moyenne 1 000 à 1 100 kWh/an en France, selon l'ensoleillement et l'inclinaison ;
- La consommation électrique totale en France en 2022 (hors export) était d'environ 460 TWh (source : RTE).



# **Parcours de solarisation et de rénovation pour une collectivité et points d'attention**

# A. Développer une approche de la solarisation des toitures à l'échelle du parc

La rénovation du patrimoine des collectivités et la solarisation de leur parc sont des actions complémentaires. Une collectivité peut choisir d'approcher la solarisation des toitures à l'échelle de son parc de bâtiments (versus bâtiment par bâtiment) tout en répondant aux enjeux de rénovation de manière optimale.

En lien avec les outils de planification territoriale présentés ci-dessus, cela permet de construire une stratégie cohérente en priorisant les bâtiments plus facilement solarisables, au plus grand potentiel de production et/ou aux consommations importantes. Les travaux peuvent alors être planifiés dans le temps et les investissements estimés de manière à équilibrer le budget de la collectivité. De plus, certains montages opérationnels comme l'autoconsommation collective (voir partie 5) nécessitent une identification préalable des bâtiments présents et solarisables sur une certaine zone géographique afin d'étudier la possibilité de les raccorder.

De nombreuses raisons amènent à solariser un bâtiment : la réglementation, d'autres travaux prévus, des besoins en énergie importants, la symbolique (par exemple, solariser un bâtiment clé et visible pour mettre en lumière l'engagement de la collectivité dans la transition énergétique), etc. Une approche à l'échelle du parc permet de croiser ces aspects et d'élaborer différentes trajectoires pour une stratégie cohérente. Qui plus est, pour les collectivités au parc important, elle peut être croisée avec une approche à l'échelle du parc de la rénovation énergétique des bâtiments, via un Schéma Directeur Immobilier Énergétique multi-enjeux.

## Monter une grappe solaire

En installant des panneaux solaires photovoltaïques sur plusieurs de ses bâtiments en même temps, une collectivité réalise une « grappe solaire ». Cette technique, comparée aux projets isolés, a plusieurs avantages. Elle permet tout d'abord de mutualiser les études, la mobilisation des installateurs, les démarches administratives liées au raccordement, etc. ; et, par conséquent, de réduire les coûts et la durée de l'opération. L'intérêt d'une grappe solaire est également d'y intégrer des tailles et types d'installations variés, aux rendements différents. Ainsi, en embarquant de plus petits sites à la production réduite aux côtés de toitures au potentiel plus important, la collectivité répartit les risques, réalise des économies d'échelle et assure une rentabilité globale du projet.

Pour plus d'informations sur le montage de grappes solaires, consultez le guide rédigé par Hespul en partenariat avec la Région Provence-Alpes-Côte-d'Azur.



Quelles étapes pour solariser son parc de bâtiments publics dans une démarche de stratégie immobilière ?

■ Réalisation d'un Schéma Directeur Immobilier et Énergétique (SDIE) pour identifier les bâtiments soumis à l'obligation de végétalisation/solarisation des toitures et prioriser des actions sur le patrimoine immobilier et analyser le potentiel de production électrique et/ou de chaleur (Voir Focus : Le Schéma Directeur Immobilier Énergie multi-enjeux (SDIE))

OU

■ Estimation de la capacité de production et réalisation de notes d'opportunités (cette prestation peut être couplée au marché SDIE en tant qu'option avancée) (voir Focus : Visualisation du productible de son parc bâti et réalisation de notes d'opportunité)

■ Identification des bâtiments les plus énergivores et au potentiel solaire important, rédaction/actualisation du PPI pour suivre la feuille de route préconisée par le SDIE/les notes d'opportunité

■ Réalisation d'études de faisabilité et de structure sur les bâtiments identifiés si nécessaire et choix définitifs des bâtiments à solariser

■ Rédaction des programmes de travaux de rénovation et de solarisation pour chaque bâtiment, choix du montage opérationnel et du type de panneaux solaires, choix contractuels (achat/vente/raccordement/exploitation), démarches administratives et financières

■ Rénovation des bâtiments et solarisation : phase travaux

■ Suivi des consommations du bâtiment, suivi de la production des installations solaires, entretien et maintenance

Ces étapes ne sont pas obligatoires, mais permettent d'élaborer une stratégie optimale sur le long terme pour répondre à la réglementation et associer les réflexions patrimoniales aux enjeux de solarisation.

Il est important de réfléchir à une planification des investissements globale, qui prenne en compte les sujets de cession/vente, densification des usages et vétusté des bâtiments, traités dans le cadre d'une démarche SDIE, pour les coupler aux objectifs de solarisation.

Les étapes ci-après correspondent à des collectivités possédant un parc immobilier important, pour lequel une approche complète incluant un SDIE est la plus cohérente. Pour des collectivités possédant un parc de taille plus restreinte, les étapes correspondant au SDIE peuvent être remplacées par exemple par un CGIE (Conseil en Gestion Immobilière et Énergétique), une version simplifiée du SDIE qui se développe dans certains territoires.

## 1. Focus : Le Schéma Directeur Immobilier Énergie multi-enjeux (SDIE)

Un SDIE est un outil d'aide à la prise de décision, qui s'inscrit dans une démarche à la croisée de multiples enjeux : réglementaires, de vétusté, fonctionnels, occupationnels, organisationnels, budgétaires, environnementaux et énergétiques. Ces enjeux sont évalués sur l'ensemble du patrimoine d'une collectivité pour lui proposer une stratégie d'optimisation dans le but de réduire ses consommations énergétiques et d'améliorer les usages des bâtiments. Y intégrer une réflexion sur la solarisation des toitures (et potentiellement des notes d'opportunités) peut permettre de mutualiser les études et de mieux prioriser les bâtiments à passer en travaux afin de limiter le nombre d'interventions et les coûts.

Pour en savoir plus : SDIE : le schéma directeur immobilier énergétique - ACTEE



Pour lancer un SDIE : Cahier des charges pour l'élaboration d'un schéma directeur immobilier énergétique multi-enjeux (SDIE) - ACTEE



## 2. Focus : Visualisation du productible de son parc bâti et réalisation de notes d'opportunité

De nombreuses communes sont désormais couvertes par un cadastre solaire, une cartographie interactive du potentiel de solarisation de chaque toiture sur une zone géographique. Ceux-ci sont généralement conçus par des collectivités de taille importantes (régions, départements, EPCI, grandes villes, etc.) et mis à disposition sous la forme d'un outil en ligne (SIG). Un potentiel de solarisation est calculé pour chaque bâtiment selon des critères tels que l'orientation du toit (les toitures orientées plein sud produisent davantage), son inclinaison (pour chaque latitude, une certaine inclinaison permet aux panneaux de mieux capter les rayons du soleil) et son ombrage (qui dépend de la présence de végétation ou de hauts bâtiments environnants). Les bâtiments sont ensuite catégorisés, de favorable à défavorable, selon leur capacité à produire suffisamment d'énergie pour rentabiliser l'installation. Ce classement dépend du territoire, par exemple les seuils sont moins exigeants dans le nord que dans le sud de la France. L'objectif premier d'un cadastre solaire est de sensibiliser le grand public, mais ils peuvent également servir d'outil d'aide à la décision pour une collectivité. S'il n'existe pas de cadastre solaire sur un territoire donné, des outils accessibles gratuitement en ligne permettent de connaître le productible d'un site.

4- Guide dédié aux cadastres solaires, publié par la FNCCR



5- Réseau de conseillers co-financés par l'ADEME et les régions



6- Cahier des charges | Etude d'opportunité pour la décarbonation des modes de chauffage



La FNCCR a publié [un guide dédié aux cadastres solaires](#)<sup>4</sup>, accessible en ligne.

A partir de cette première visualisation, la collectivité peut effectuer des notes d'opportunité (aussi appelées pré-études ou études de pré-faisabilité) sur chaque bâtiment. Une note d'opportunité est un outil d'aide à la décision qui retrace tous les enjeux auxquels la collectivité pourrait être confrontée lors de la solarisation de cette toiture : contraintes techniques, urbanistiques, architecturales, etc. Elle étudie également la nature de la toiture (revêtement, inclinaison, présence d'amiante, etc.) et la surface disponible. Ensuite, elle évalue la capacité d'accueil du réseau électrique et détaille les différents types de raccordement et modes de portage possibles (voir partie 5). Ces éléments permettent de réaliser un bilan énergétique du projet et une analyse financière par le calcul du temps de retour sur investissement et le fléchage des subventions mobilisables. Plusieurs scénarios sont modélisés et des conseils sont donnés pour orienter le choix de la collectivité vers l'option la plus adéquate. En parallèle de cette démarche, il est pertinent d'étudier l'enveloppe du bâtiment pour avoir une vision complète de ses consommations et pour identifier les interfaces entre les travaux de rénovation à mener.

Ces pré-études peuvent être réalisées en interne, par des acteurs privés, mais aussi par des syndicats départementaux d'énergie, des associations type ALEC ou l'intercommunalité. Certains fournissent cette prestation gratuitement aux communes adhérentes, notamment dans le cadre [des Générateurs](#)<sup>5</sup>, le réseau de conseillers co-financés par l'ADEME et les régions pour accompagner la montée en compétence des collectivités sur les énergies renouvelables électriques. Pour les bâtiments chauffés aux énergies fossiles, une étude d'opportunité sur la décarbonation du chauffage permet d'évaluer les solutions renouvelables possibles techniquement et économiquement. Cette étude permettra de comparer différents modes de chauffage renouvelables et/ou de raccordement au réseau de chaleur. Elle aide aussi à prioriser les investissements entre isolation, solarisation et décarbonation, pour bien dimensionner les futurs systèmes et optimiser l'alimentation des bâtiments rénovés. [Retrouvez un modèle de cahier des charges rédigé par ACTEE et des acteurs des filières renouvelables](#)<sup>6</sup>.

### Département du Cher : lancement d'une campagne de notes d'opportunités sur les collèges du territoire



Face à l'obligation de solarisation ou de végétalisation des toitures, le Conseil Départemental du Cher a adopté une démarche proactive et a lancé une campagne globale d'études d'opportunité sur la totalité de son patrimoine (bâtiments et parcs de stationnement). Le marché est à destination d'un groupement pluridisciplinaire qui pourrait accompagner la collectivité du diagnostic jusqu'à la réalisation des travaux. Les études de pré-faisabilité permettront d'identifier les sites les plus intéressants en termes de potentiel solaire. Ceux-ci feront ensuite l'objet d'études de faisabilité

plus poussées pour définitivement sélectionner les bâtiments et parcs de stationnement qui seront solarisés ces prochaines années. Le Conseil Départemental envisage également de favoriser les bâtiments présentant des défauts d'isolation et/ou d'étanchéité de toiture, pour coupler les travaux de rénovation à l'installation de panneaux solaires. Approcher la solarisation à l'échelle de son patrimoine a ainsi permis au Département de s'inscrire dans une stratégie de priorisation et de planification sur le court, moyen et long terme ; en concordance avec le budget, la réglementation et une réflexion croisant solarisation et rénovation énergétique.

### Département des Côtes-d'Armor : Mise en oeuvre d'une stratégie globale de solarisation et de rénovation



Depuis le début des années 2010, le Département des Côtes-d'Armor développe une stratégie de solarisation de son patrimoine bâti. D'abord concentrée sur quelques projets symboliques, cette stratégie s'est intensifiée ces dernières années en croisant les enjeux de rénovation énergétique et de production d'énergie locale. La collectivité a d'abord réalisé un état des lieux de ses bâtiments structurellement aptes à accueillir une installation solaire en toiture en missionnant la SPLET Armor - dont le Conseil Départemental et le Syndicat Départemental d'Electricité des Côtes-d'Armor sont actionnaires - pour la réalisation d'une campagne d'études d'opportunité sur environ 150 équipements. Le Collège Yves Coppens de Lannion a ainsi été identifié, mais celui-ci présentait des défauts d'étanchéité en toiture. Une étude de faisabilité réalisée en 2023 a confirmé la possibilité de solariser la toiture à l'issue des travaux de réfection. En juillet 2024, les travaux de rénovation de la toiture ont été initiés, avec le choix de poser un isolant en verre cellulaire. Ce matériau est plus coûteux mais a une durée de vie plus longue (au-delà de 30 ans), à l'image des panneaux solaires, ce qui permettra de ne pas réintervenir sur la toiture. La SPLET Armor a ensuite accompagné le Conseil Départemental durant la consultation des entreprises puis géré l'installation des panneaux photovoltaïques.

880 m<sup>2</sup> de panneaux ont ainsi été posés sur la toiture-terrasse pour une puissance de 125,7 kWc, avec une certaine inclinaison afin de mieux capter le soleil et de ne pas retenir de poussière.

Le collège étant inutilisé l'été, il a été choisi de valoriser l'électricité produite en autoconsommation collective. Une dérogation a été obtenue pour étendre la zone des bâtiments pouvant être inclus à 10km. Ainsi, 30% de la production est consommée par le collège directement et le reste par une boucle constituée de 3 autres collèges, de la Maison du Département et d'un gymnase.

**La boucle d'autoconsommation ainsi définie permet de passer de 57 % pour le périmètre de 2km à 83 % pour celui de 10 km.**

L'étude de faisabilité avait également permis d'élaborer un plan de financement pour l'installation. Le retour sur investissement a été estimé à 6-7 ans, notamment grâce aux économies sur factures qui seront réalisées ces prochaines années. Pour ce projet de rénovation et de solarisation, le Département a également obtenu des subventions de la DSID, du Fonds Vert et des CEE, permettant de couvrir 80% des coûts engagés.

# B. Comment coupler techniquement rénovation et solarisation

Envisager rénovation énergétique et solarisation de manière conjointe permet de maximiser les gains énergétiques, de réduire les consommations, de mieux organiser les interventions sur le bâtiment et d'éviter des surcoûts. À l'image du remplacement d'une chaudière pour une solution plus performante, il est préférable d'intervenir sur l'enveloppe thermique du bâtiment avant d'installer les panneaux. À l'inverse, revoir l'isolation ou l'étanchéité une fois les panneaux posés nécessiterait leur dépose, entraînant des frais supplémentaires.

Comment donc anticiper les interactions entre rénovation énergétique et solarisation de la toiture dès la phase études et pendant toute la durée d'un projet ?

## Principales étapes d'un projet de rénovation et de solarisation :

Phase / étape	Durée estimée	Description
Phase d'études	6 mois	Analyse et planification du projet
Audit énergétique	3 à 6 mois	Évaluation des performances énergétiques du bâtiment et des axes d'amélioration
Étude de pré faisabilité, de faisabilité "PV ready" et de structure	1 à 2 mois	Analyse des paramètres techniques et financiers propre à l'installation et vérification de la capacité/résistance structurelle de la charpente (cette étape peut être couplée à la réalisation de l'audit énergétique)
Prise de décision	1 à 2 mois	Définition du programme de travaux sur la base des résultats de l'audit énergétique; choix du type de panneaux, du mode d'exploitation et du montage financier
Démarches administratives et financières	3 à 6 mois	Obtention des autorisations et demandes de financements
Recherche de financements	1 à 3 mois	Identification des aides et subventions
Dépôt des autorisations et demande de raccordement	1 à 3 mois	Démarches administratives et demande de raccordement au réseau

Phase / étape	Durée estimée	Description
Demande auprès de l'Architecte des Bâtiments de France (si besoin)	2 à 6 mois	Consultation de l'ABF pour s'assurer que l'installation respecte les contraintes patrimoniales en fonction du type de bâtiment et de sa localisation : <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bâtiments classés ou inscrits : <b>délai de 4 à 6 mois.</b></li> <li>■ Bâtiments en secteur sauvegardé/périmètre de protection : <b>délai de 3 à 4 mois.</b></li> </ul>
Conception et travaux	6 mois - 1 ans	Rénovation du bâtiment et installation des équipements
Rénovation globale du bâtiment	6 à 12 mois	Conception du projet par une équipe de MOE (si pertinent) et rénovation globale du bâtiment
Préparation et renforcement de la toiture	2 à 6 mois	Adaptation de la structure existante
Pose des panneaux solaires	1 à 3 mois	Installation des systèmes solaires (panneaux, ballons de stockage, équipements de suivi, onduleurs, batteries le cas échéant, etc.)
Mise en service	30 jours	Vérifications et raccordement au réseau
Exploitation		Entretien et optimisation des performances des systèmes énergétiques et des panneaux
Suivi des performances	A minima 1 fois / an	Suivi et analyse de la production d'énergie
Maintenance et nettoyage	A minima 1 fois / an	Inspection et entretien de l'installation
Sensibilisation des gestionnaires	Régulier	Formations techniques et documentation
Renouvellement/ fin de vie des équipements	En général 20/30 ans après installation	Analyse de l'installation pour déterminer le meilleur scénario

➤ Les durées indiquées pour les tâches ci-dessus sont indicatives et une planification du projet permet de réaliser certaines phases en parallèle, réduisant ainsi la durée totale.

## Phase études : valider la faisabilité technique et économique, concevoir le bouquet de travaux et identifier les contraintes

Comme pour tout projet de rénovation énergétique, l'audit énergétique constitue une étape clé pour planifier des travaux performants. Il permet de réaliser un diagnostic précis des besoins énergétiques du bâtiment, de cibler les améliorations nécessaires du bâti et ainsi de construire des scénarios de travaux.

ACTEE propose en libre accès [un cahier des charges type d'audit énergétique](#)<sup>6</sup>, conçu en collaboration avec AURA EE.

En parallèle de l'audit, une étude de faisabilité dans une logique "PV Ready" peut être réalisée pour analyser les paramètres techniques et financiers propres à l'installation solaire. Celle-ci approfondit les éléments étudiés lors de la note d'opportunité, notamment en analysant :

- Les contraintes réglementaires liées à la loi APER ;
- L'état général de la toiture (âge, état de vétusté, nature et référence des matériaux de toiture, présence d'un écran de sous-toiture, nature de l'isolant et notamment sa classe de compression) ;
- Les zones de la toiture pouvant accueillir une installation solaire ;
- Les éléments présents (lisses, pans, cheminées, antennes, etc.) ;
- L'accessibilité de la toiture pour les futures interventions ;
- La planéité de la toiture ;
- L'état de l'isolation et de l'étanchéité à l'air et à l'eau ;
- Dans le cas de panneaux photovoltaïques, les options de raccordement au réseau électrique.

Des scénarios d'isolation et de solarisation de la toiture sont ensuite proposés. Il est important que ces propositions prennent en compte les questions des ponts thermiques, de l'étanchéité et de la ventilation afin d'éviter tout désordre post travaux. Enfin, l'étude de faisabilité se penche sur plusieurs facteurs pour déterminer la taille de l'installation et la surface

de panneaux optimales ; et réaliser une analyse financière précise du projet. Il est conseillé de vérifier dès cette étape la disponibilité d'un ETN (Etude de Technique Nouvelle) ou d'un ATEC (Avis Technique)<sup>8</sup> pour le système retenu, ainsi que sa compatibilité avec le type de couverture existant et les matériaux isolants prévus ou en place.

L'étude de faisabilité peut être complétée d'une étude de structure. Cette étude est par ailleurs obligatoire et nécessaire dans certaines situations (voir section 2)c.). Elle a pour objectif de vérifier la capacité de la charpente à supporter la surcharge induite par l'installation des panneaux solaires et des équipements associés. Cette vérification garantit la sécurité des usagers du bâtiments et permet de justifier les précautions prises auprès des assurances en cas d'accident.

Pour ce faire, un professionnel tiers analyse plusieurs facteurs : la résistance des matériaux utilisés dans la construction du bâtiment (bois, acier, béton), la charge climatique (vent, neige, etc.), et la géométrie de la structure pour repérer d'éventuels désordres et instabilités, et proposer des renforcements à réaliser.

6- Cahier des charges type d'audit énergétique ACTEE.



7- Il est recommandé mais pas obligatoire de réaliser à la fois une note d'opportunité et une étude de faisabilité. En effet, la note d'opportunité valide l'intérêt global du projet, tandis que l'étude de faisabilité en vérifie la viabilité technique, économique et réglementaire. Leur couplage permet donc de sécuriser la prise de décision avant d'engager des investissements importants.

8- Les ETN (Étude de Technique Nouvelle) et ATEC (Avis Technique) sont des documents d'évaluation délivrés par des organismes comme le CSTB, attestant de la conformité d'un procédé ou produit de construction non traditionnel avec les exigences réglementaires. L'ATEC est une évaluation officielle, tandis que l'ETN est généralement une étape préalable, portée par un fabricant pour un usage spécifique ou innovant.

9- Kit d'accompagnement à la rédaction d'un cahier des charges type pour une étude de faisabilité dans une logique "PV Ready" et pour une étude de structure



10- L'audit technique et énergétique, l'étude multi-énergie et la prestation d'AMO ont pu bénéficier des subventions du programme ACTEE2, à hauteur de 50% de leur coût.

Dans le cadre du Centre de Ressources ACTEE, retrouvez un [kit d'accompagnement à la rédaction d'un cahier des charges](#)<sup>9</sup> pour une étude de faisabilité dans une logique "PV Ready" et pour une étude de structure.

La phase études du projet est également le moment opportun pour se pencher sur la potentielle présence d'amiante, notamment en toiture, qui empêcherait la pose des panneaux solaires. Le diagnostic amiante et plomb est obligatoire pour les bâtiments construits avant 1997.

**Une fois ces études réalisées et la faisabilité du projet validée, il convient de choisir le type de panneaux solaires le plus adapté selon l'utilisation envisagée (voir section 3), et pour des panneaux photovoltaïques, le choix du mode d'exploitation (voir section 4). Selon la taille et les besoins du projet, une Maîtrise d'œuvre peut être mobilisée pour définir et suivre le projet de rénovation et étudier les possibilités techniques pour la pose des panneaux et la rénovation du/des bâtiment(s).**

### Rénovation et solarisation du centre aquatique Aqualone à Saint-Maurice-l'Exil



Ce complexe composé de plusieurs bassins intérieurs et extérieurs, d'un espace fitness et d'un spa présentait de nombreux défauts : fissures, fuites, affaissements, vétusté, inconfort ressenti, qualité de l'air intérieur détériorée ; et une consommation énergétique démesurée. La Communauté de Communes Entre Bièvre et Rhône a lancé en 2022 une batterie d'études visant à analyser ce bâtiment énergivore mis en service 20 ans plus tôt. Un audit technique et énergétique et une étude structure ont permis de préciser les désordres et consommations du bâti. Des études de faisabilité étudiant diverses sources d'énergie renouvelable ont orienté la Maîtrise d'ouvrage dans le choix de systèmes énergétiques décarbonés.

Enfin, une Assistance à Maîtrise d'Ouvrage a compilé ces informations pour concevoir un programme de travaux complet et performant, visant plus de 60% d'économies d'énergie<sup>10</sup>. Parmi les solutions choisies, une installation solaire photovoltaïque composée de 170 modules, soit 340 m<sup>2</sup> de panneaux mis en œuvre sur la toiture terrasse de l'espace fitness et sur les espaces verts, pour une puissance solaire de 77,4 kWc. Cette production sera entièrement

### Syndicat Départemental d'Energies et d'Electricité du Pays Catalan (SYDEEL66) : une offre d'accompagnement photovoltaïque proposée aux communes adhérentes



Afin d'atteindre les objectifs régionaux et nationaux en matière de production énergétique renouvelable, un chargé de mission EnR du réseau « LES GÉNÉRATEURS Occitanie » a rejoint le SYDEEL66. L'objectif est de mettre à disposition gratuitement ce conseiller technique pour toutes les communes adhérentes au syndicat, afin qu'elles bénéficient d'un conseil impartial. Pour le photovoltaïque en toiture (offre également disponible pour les installations au sol ou en ombrières), une première visite permet d'analyser le bâtiment et les besoins de la collectivité. Une note d'opportunité détaillée est ainsi rédigée et présentée en mairie. La collectivité peut ensuite décider de mettre en œuvre le projet ou non, et de solliciter un accompagnement du conseiller dans la mise en concurrence et l'analyse des offres. En deux ans, environ 70 communes ont ainsi été accompagnées et douze projets ont pu voir le jour.

consommée sur site, elle participe ainsi à l'atteinte des -60% d'économies d'énergie du centre aquatique et permettra de réduire considérablement les factures liées à la fourniture en énergie. L'étude de structure a mis en lumière la nécessité de renforcer la charpente de la toiture pour qu'elle puisse supporter la surcharge induite par les panneaux. L'intervention permettra également la réfection de la couverture afin d'assurer sa bonne étanchéité et isolation. La durée de vie des panneaux solaires est similaire à celle de la couverture – entre 20 et 30 ans - ; ce couplage d'interventions est donc pertinent dans une logique de maintenance réduite et de réduction des coûts.



Crédits photo : EBER

## Démarches administratives et financières

Une fois la décision prise quant au type d'installation, une recherche des financements disponibles permettra d'identifier les fonds qui pourront être mobilisés (voir section 4), de monter le dossier de financement et de budgétiser le projet. L'intégration de la rénovation énergétique et de la solarisation dans un même projet donne accès à davantage de financements. En combinant les deux volets dans un projet global, il devient possible de maximiser les subventions et de bénéficier d'un modèle économique plus avantageux, grâce à la réduction des coûts énergétiques et aux revenus générés par la production d'énergie solaire dans le cas d'une installation photovoltaïque.

Au niveau des démarches administratives, selon l'ampleur du projet, il sera nécessaire de déposer une demande de permis de construire (pour les installations modifiant l'aspect du bâtiment ou excédant 20 m<sup>2</sup>) ou une déclaration préalable de travaux (pour les intégrations discrètes). Si le bâtiment se situe dans un secteur sauvegardé ou à proximité d'un bâtiment historique, l'Architecte des Bâtiments de France devra être consulté en parallèle (voir section 2)c.).

Par ailleurs, dans le cas d'une installation photovoltaïque avec vente d'électricité, une demande de raccordement au réseau électrique doit être adressée au gestionnaire de réseau pour pouvoir injecter l'électricité produite. Le gestionnaire réalisera alors une étude technique pour évaluer les capacités du réseau à recevoir l'injection d'électricité et les éventuels travaux de renforcement du réseau nécessaires, et fournira un devis et les délais de raccordement. La demande de raccordement auprès du gestionnaire de réseau fait office de demande de Contrat d'Obligation d'Achat (OA) ou de contrat de complément de rémunération auprès d'un acheteur agréé.

Enfin, la collectivité veillera à s'assurer que le régime d'assurance couvrant le bâtiment en question demeure adapté aux nouvelles contraintes physiques liées aux composants de toiture. En effet, la pose de ces panneaux impacte, notamment par le poids ajouté, la structure et peut nécessiter de revoir le régime d'assurance en conséquence. Pour plus d'informations au sujet de l'assurance, consultez [la page dédiée sur le site d'Hespu!](#)<sup>11</sup>.

## Conception et travaux : déroulé et points d'attention

Sur la base du programme de travaux rédigé par la collectivité ou son AMO et du choix de la solution technique de solarisation, une équipe de Maîtrise d'œuvre peut être recrutée pour réaliser les phases de conception architecturale et technique du projet, puis réaliser le dossier de consultation des entreprises de travaux et enfin suivre les travaux tout au long du projet.

Dans le cadre d'un projet de rénovation énergétique, les travaux débutent généralement par les interventions sur l'enveloppe : reprise de la couverture, isolation thermique par l'extérieur (ITE) ou sous toiture, traitement des points singuliers (acrotères, lanterneaux, souches de cheminées), renforcement ou consolidation de la charpente si nécessaire. Viennent ensuite les éventuels remplacements de menuiseries extérieures, les travaux sur les systèmes CVC (notamment en cas de conversion énergétique) et les mises en conformité électriques.

Lorsque la toiture est concernée, il est fortement recommandé d'anticiper l'installation solaire dès la phase de conception, afin de prévoir les ancrages, les réservations éventuelles, et la compatibilité des matériaux avec la future pose. La Maîtrise d'œuvre peut alors phaser ou paralléliser les interventions : par exemple, faire poser les fixations ou rails d'ancrage au moment de la réfection

de l'étanchéité ou de l'ITE, ce qui évite des reprises ultérieures et garantit une bonne coordination technique.

La pose des panneaux solaires intervient en fin de chantier, une fois la toiture étanchée et structurellement prête.

Trois, systèmes de pose sont possibles :

- **En surimposition**, sur rails fixés à la charpente ou aux liteaux, au-dessus de la couverture neuve. Cette solution est la plus répandue pour les bâtiments tertiaires.
- **En intégration** : Plus rare en rénovation, les panneaux font alors office de couverture. Ce système nécessite une gestion fine de l'étanchéité et est rarement utilisé hors bâti patrimonial.
- **En pose lestée**, sur toitures-terrasses plates. Les panneaux sont fixés sur des supports maintenus par leur propre poids ou par l'ajout de lests (dalles béton, blocs). Cette méthode évite tout percement de la membrane d'étanchéité. Elle est utilisée lorsque la structure du bâtiment le permet et nécessite une vérification de la charge admissible ainsi qu'un dimensionnement spécifique pour le vent.

Dans le cas d'une installation photovoltaïque, les panneaux sont ensuite câblés, raccordés à l'onduleur et intégrés au tableau général basse tension. Avant la mise en service, des tests de fonctionnement, vérifications d'étanchéité et contrôles de conformité électrique sont réalisés. Le raccordement au réseau est enfin effectué par Enedis ou l'opérateur désigné.

Coupler rénovation énergétique et solarisation dans un même marché ou planning opérationnel permet de limiter les coactivités futures, réduire les coûts de logistique de chantier et maximiser la performance énergétique de l'opération.

## Suivi, entretien et sensibilisation

Pour garantir le bon fonctionnement de l'installation solaire sur le long terme, un suivi régulier doit être mis en place. Une surveillance des performances permet de vérifier que la production d'énergie ou de chaleur est conforme aux prévisions et de détecter d'éventuelles anomalies. Des systèmes de suivi peuvent être installés afin de mesurer en temps réel la production solaire et la consommation du bâtiment. La plupart des installations photovoltaïques modernes sont équipées de systèmes permettant une surveillance en temps réel via une application mobile ou un portail web. Pour le solaire thermique, l'installation d'un compteur de chaleur (débitmètre + capteurs de température) permet de quantifier les kWh thermiques produits.

Pour les collectivités territoriales multipliant les installations solaires, au-delà du suivi individuel des productions (électriques ou thermiques), il est important de former et sensibiliser les agents à la bonne gestion de ces équipements et de clairement identifier les responsables du suivi. En effet, à la suite de fusions de communes ou d'EPCI, de projets portés à différentes périodes, de contexte réglementaire en constante évolution ou de manque de moyens techniques et humains, certaines collectivités font face à un parc diversifié et mal documenté, sans vision d'ensemble.

Cela rend complexe la détection de dysfonctionnements et des installations peuvent être hors d'usage pendant plusieurs mois sans qu'aucune alerte ne remonte. Pour contrer cet écueil, il est conseillé de cartographier son patrimoine solaire (date de mise en service, contrat OA le cas échéant, production attendue, maintenance prévue) ou de mettre en place une supervision centralisée via logiciel ou tableau de bord.

Enfin, dans une démarche globale de rénovation et de décarbonation d'un bâtiment, il est judicieux de sensibiliser les occupants du bâtiment à la sobriété énergétique et à la réduction de la consommation énergétique.

11- "Quelles démarches réaliser ? > S'assurer" - Hespu!



Plusieurs actions peuvent être mises en œuvre dans ce sens, notamment :

- Pour les installations photovoltaïques en autoconsommation, inciter à privilégier les usages électriques aux périodes de production (en journée). Idem pour les installations solaires thermiques, une utilisation de l'eau chaude en priorité aux heures de production solaire permet de limiter le recours aux systèmes d'appoints ;
- Installer un écran de suivi pour afficher en temps réel la production solaire photovoltaïque et la consommation du bâtiment ;
- Organiser des ateliers ou campagnes d'information pour expliquer le fonctionnement du système et les bonnes pratiques ;
- Mettre en place des affichages pour promouvoir les écogestes ;
- Impliquer les occupants dans un défi énergétique pour inciter à une consommation plus sobre de manière ludique.

Le but et la pertinence de ces actions dépendront du type de panneaux et du montage opérationnel choisi dans le cas d'une installation photovoltaïque.

### Le commissionnement des installations solaires

Le commissionnement est une démarche structurée visant à garantir la performance et la durabilité d'une installation solaire. Il couvre la vérification du dimensionnement, la conformité aux prescriptions techniques, la qualité de la pose et le bon fonctionnement des équipements lors de la mise en service. Ce processus inclut par exemple des essais fonctionnels, des réglages et l'établissement de protocoles de suivi. Pour les installations solaires thermiques, il comprend également le contrôle des débits, de la régulation et du fluide caloporteur. Un bon commissionnement facilite la prise en main par les équipes de maintenance et réduit les risques de dysfonctionnements. Il peut être à la charge du Maître d'ouvrage, du Maître d'œuvre, de l'installateur ou d'un bureau de contrôle externe.

### Prévenir la caramélisation du glycol des panneaux solaires thermiques

Pour fonctionner, les panneaux solaires thermiques contiennent un fluide caloporteur (qui transporte de l'énergie, ici de la chaleur) contenant du glycol pour protéger l'installation du gel. Lors d'une exposition longue à des températures trop élevées (au-delà de 150-200°C) le glycol peut se dégrader thermiquement et « caraméliser », entraînant un épaissement du fluide, la formation de dépôts et une perte d'efficacité du système.

Ce problème se produit souvent lors de surchauffes dues à une mauvaise circulation du fluide, un manque d'entretien ou un système mal dimensionné. Pour éviter cela, il est essentiel de réaliser un entretien régulier : vérifier l'état du fluide, purger le circuit pour éviter la stagnation et le remplacer tous les 5 à 7 ans.

Pour en savoir plus sur ce sujet :  
[Solaire thermique : les erreurs à éviter | Cegibat](#)



L'entretien des panneaux solaires est essentiel pour garantir leur performance dans la durée. Bien que ces installations nécessitent peu de maintenance, un nettoyage régulier est recommandé pour éviter l'accumulation de poussière, de feuilles ou d'autres dépôts susceptibles de réduire leur rendement.

Pour le photovoltaïque, une vérification ponctuelle du système, notamment du câblage et des onduleurs, permet d'assurer un fonctionnement optimal. Pour le thermique, il convient de surveiller l'état du fluide caloporteur (glycol), de vérifier la pression du circuit et d'inspecter les capteurs et les échangeurs. Il est également préconisé d'intégrer une maintenance préventive dans le marché public d'installation, afin que l'installateur suive les premiers temps de la centrale et effectue, le cas échéant, les correctifs nécessaires.

### Impliquer les occupants dans la réduction de la consommation énergétique du bâtiment

ACTEE accompagne l'implication des occupants au travers notamment de deux sous-programmes.

#### Ecopousse par ACTEE :



Ecopousse est un programme complet de sensibilisation à la transition écologique, destiné aux élèves de la maternelle (dès la Moyenne section) au CM2 et déployé dans l'Hexagone et au sein des zones non interconnectées (ZNI). Il vise à donner aux enfants les clés pour comprendre les enjeux environnementaux et leur permettre d'agir à leur échelle pour réaliser des économies d'énergie. Ecopousse contribue à rendre les enfants acteurs et ambassadeurs de la transition énergétique, dans leur établissement et leur foyer.

Porté et financé à 80% par ACTEE grâce aux Certificats d'Economie d'Énergie, ce programme intègre les activités du programme Watty, déployé entre 2013 et 2024, avec l'inclusion à terme de nouvelles thématiques, notamment autour de la biodiversité et l'alimentation.

[Site Ecopousse](#)



### Concours ACTEE CUBE :



Un levier pour la sobriété énergétique dans les collectivités

Depuis 2021, les concours ACTEE CUBE, déployés avec le Cerema et l'IFPEB, apportent un accompagnement spécifique aux collectivités territoriales en matière de performance énergétique de leurs bâtiments. Trois déclinaisons principales sont financées à hauteur de 80% par ACTEE :

- **ACTEE CUBE.Écoles**, conçu pour les établissements scolaires, permet de sensibiliser les élèves et les équipes pédagogiques tout en optimisant les consommations d'énergie.
- **ACTEE CUBE.S**, destiné aux établissements scolaires, offre un accompagnement spécifique aux collectivités pour améliorer la gestion énergétique des écoles, collèges et lycées.
- **ACTEE CUBE Ville**, lancé en 2023, est dédié au patrimoine hors scolaire, permettant aux collectivités de piloter la sobriété énergétique dans l'ensemble de leurs bâtiments publics.

Ces concours visent à accompagner les collectivités dans la mise en place de plans d'actions, en fournissant des outils pratiques, des formations pour les agents et un suivi des consommations pour mesurer les progrès réalisés.

ACTEE, en partenariat avec Enertech, a également mené [une étude sur les plans de sobriété mis en œuvre par les collectivités à l'hiver 2022-2023](#)<sup>12</sup>.

[Concours ACTEE CUBE](#)



[12- Étude sur les plans de sobriété](#)



## Renouvellement / fin de vie de l'installation

Quand se poser la question de la fin (ou non) de vie de l'installation ? Trois éléments entrent en compte :

**1. La garantie constructeur : 25 ans** après la pose, le fabricant n'est plus contractuellement responsable si les performances chutent.

**2. La durée de vie en analyse de cycle de vie (ACV) :** Généralement de 30 ans pour les panneaux et de 10 à 15 ans pour l'onduleur, et la batterie.

**3. La réalité d'usage et d'exploitation sur le terrain :** Des installations de plus de 30 ans fonctionnent toujours aujourd'hui. Les panneaux perdent de la puissance (~0,5%/an), mais cela n'implique pas leur remplacement immédiat. Ce qui arrive à "fin de vie", ce sont parfois :  
→ les équipements périphériques (onduleurs, câblage, échangeur, ballon, structures),  
→ ou un choix économique (remplacer pour installer mieux ou plus puissant).

Pour les installations photovoltaïques, c'est l'occasion de réévaluer l'opportunité de renouveler les équipements (panneaux, onduleurs, supports) ou de les démanteler. Dans le cas d'un renouvellement, les panneaux pourraient être remplacés par des équipements plus performants et mieux adaptés aux usages actuels du bâtiment. Cette opération peut s'accompagner d'une renégociation du contrat d'achat ou d'un passage en autoconsommation, selon l'évolution des besoins et du cadre réglementaire. Côté thermique, les capteurs peuvent durer jusqu'à 25 ans, mais des éléments comme le fluide caloporteur, les pompes ou les échangeurs peuvent nécessiter un remplacement plus fréquent. À l'approche de la fin de vie du système, un bilan technico-économique est recommandé pour évaluer l'intérêt d'un remplacement complet du système ou des composants clés uniquement, en fonction des performances de l'installation et des besoins énergétiques du bâtiment.

Enfin, cette étape suppose aussi une anticipation des aspects réglementaires et logistiques liés au démantèlement, notamment pour assurer la prise en charge du recyclage des équipements selon les filières agréées.

## C. Contraintes et solutions

**Au fil des étapes vues précédemment, plusieurs contraintes peuvent impacter le projet. Qu'elles soient techniques, administratives ou climatiques, elles nécessitent des études ou démarches supplémentaires, ainsi qu'une planification. Le Musée des Beaux-Arts et d'Archéologie de Vienne (38) par exemple, a vu sa toiture équipée d'une verrière photovoltaïque pyramidale, contournant ainsi contraintes patrimoniales et techniques.**

### Les contraintes techniques

Les contraintes d'ordre technique correspondent à des limitations liées

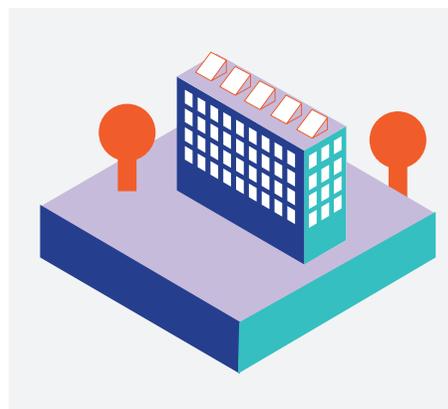
aux caractéristiques structurelles et fonctionnelles du bâtiment. Dans le cadre d'un projet de solarisation, elles englobent des éléments tels que la solidité de la toiture, son orientation, le type de toiture ou son accessibilité.

Les collectivités peuvent notamment être confrontées aux contraintes suivantes :

■ **La solidité de la toiture et l'intégrité structurelle du bâtiment :** la toiture doit pouvoir supporter le poids des panneaux, ainsi que des supports, câblages, et éventuels équipements additionnels. La charge de l'installation est généralement comprise entre 15 et 25 kg/m<sup>2</sup> dans le cas de panneaux photovoltaïques et 30

à 40 kg/m<sup>2</sup> pour des panneaux thermiques. Cette contrainte est relativement fréquente dans le cas de bâtiments existants et est évaluée via une **étude de structure (Cahiers des charges type (étude de faisabilité + étude de structure) pour l'isolation de toiture dans une logique PV Ready - ACTEE)**<sup>13</sup> qui indiquera les renforcements structurels à réaliser pour sécuriser l'installation (rajout de tuiles, pose de pannes ou chevrons supplémentaires, renforcement des fondations, etc.).

■ **L'inclinaison de la toiture** joue un rôle central dans l'efficacité de l'installation. L'angle optimal en France métropolitaine se situe entre 25° et 35°, certaines toitures telles que les toitures terrasses devront donc **intégrer un système d'inclinaison des panneaux.**



↗ Angle optimal : 25° - 35°

■ **Certains revêtements de toiture** comme le chaume, la lauze, les zincs ou les multicouches isolants, compliquent ou empêchent l'installation de panneaux solaires. C'est le cas des revêtements qui présentent une faible résistance et sont difficiles à percer sans compromettre l'étanchéité du toit, ou qui nécessitent des fixations spécifiques. Pour ces cas

13- Cahiers des charges type (étude de faisabilité + étude de structure) pour l'isolation de toiture dans une logique PV Ready - ACTEE



spécifiques, il est pertinent d'interroger le bureau d'étude ou le poseur sur les solutions adaptées en phase faisabilité ou lors de la réalisation d'une étude de structure du bâtiment.

- De même, **l'isolant** choisi doit être capable de supporter la charge mécanique des panneaux solaires (via les rails, les systèmes de fixation ou les lests), sans s'écraser ni se déformer dans le temps. Si le bâtiment est un Établissement Recevant du Public (ERP) (école, mairie, gymnase, etc.), les matériaux isolants doivent répondre à des exigences de réaction et de résistance au feu définies par la réglementation sécurité incendie.
- **La présence de certains éléments en toiture** comme les cheminées, les centrales de traitement d'air ou encore les antennes peuvent limiter la surface «solarisable» ou rendre l'opération et la maintenance plus complexe.
- **La sécurité incendie :** les installations solaires doivent être conformes aux normes en vigueur, en garantissant un accès sécurisé à la toiture pour une éventuelle intervention des secours. L'accessibilité à la toiture est également cruciale pour l'entretien des panneaux.
- **La présence d'amiante** dans les matériaux de couverture demande la planification de travaux spécifiques de désamiantage avant toute intervention, ce qui peut affecter le programme, le calendrier et le coût de l'opération.

## Les contraintes patrimoniales

L'installation de panneaux solaires en toiture d'un bâtiment peut être contrainte par des règles patrimoniales, notamment lorsqu'il s'agit de bâtiments situés dans des zones protégées ou possédant une valeur historique, architecturale et patrimoniale. Ces restrictions visent à préserver l'esthétique et l'intégrité du patrimoine en encadrant les modifications bâtimentaires.

**Les bâtiments classés ou inscrits au titre des monuments historiques** sont soumis à des réglementations spécifiques qui imposent une autorisation préalable de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF) avant toute intervention modifiant leur apparence. L'installation de panneaux solaires y est souvent limitée, voire interdite, afin de conserver l'aspect architectural d'origine. De même, dans un périmètre de 500 mètres autour d'un monument historique, l'ABF doit être consulté en amont de toute intervention sur l'enveloppe d'un bâtiment. Son avis peut être favorable, conditionné, réservé ou défavorable, selon l'impact du projet sur le patrimoine architectural. Pour maximiser les chances d'acceptation du projet, il est recommandé d'anticiper les contraintes, d'opter pour des solutions d'intégration discrètes et de dialoguer avec l'ABF en amont du projet. Dans le cas des sites patrimoniaux remarquables (SPR) - centres anciens, villages de caractère et sites protégés - et des zones cœur des parcs nationaux, l'avis de l'ABF est également obligatoire ([l'Atlas des Patrimoines](#)<sup>14</sup> conçu par le ministère de la Culture permet d'identifier les zones protégées). Pour les Parcs Naturels Régionaux (PNR), chacun dispose de sa propre charte régissant les règles d'urbanisme et de protection du patrimoine. L'ABF ne doit pas systématiquement être consulté, mais des contraintes locales peuvent s'appliquer et restreindre la solarisation des toitures.

**Les PLU et Plans Locaux d'Urbanisme intercommunaux (PLUi)** définissent également des critères spécifiques visant à garantir une intégration esthétique des panneaux solaires. Ils peuvent inclure des prescriptions sur les types de panneaux autorisés, leur disposition, leur hauteur ou leur inclinaison. Ils peuvent aussi encadrer l'utilisation de certains matériaux

pour préserver les toitures traditionnelles. De plus, certaines réglementations locales interdisent les structures d'inclinaison.

### Justifier d'une contrainte face à l'obligation de solarisation/végétalisation des toitures imposée par la loi APER

Dans le cadre de la réglementation sur la solarisation des toitures, plusieurs exemptions sont prévues pour les projets confrontés à des contraintes techniques, patrimoniales, climatiques et/ou économiques. Ces dérogations sont encadrées juridiquement par décret et nécessitent une justification solide. Celles-ci devront être apportées par le Maître d'ouvrage dans son dossier d'autorisation d'urbanisme. Pour une exemption d'ordre économique par exemple, une étude technico-économique, deux devis d'entreprises spécialisées et une note comparative des coûts du projet avec et sans la solarisation/végétalisation doivent être joints. C'est l'autorité compétente en matière d'urbanisme qui pourra ensuite lever partiellement ou totalement l'obligation.

## Les contraintes climatiques



En zones **exposées à des vents violents, chutes de neige importantes ou grêle**, des fixations renforcées et des panneaux robustes sont nécessaires. Les chutes de neige augmentent également la charge sur la toiture (jusqu'à 500 kg supplémentaires par mètre cube de neige). Dans le cas de bâtiments existants, l'étude structurelle est obligatoire dans les zones à risques et des travaux de renforcement sont généralement nécessaires pour garantir la solidité de la toiture à solariser. L'inclinaison des panneaux peut également contrer l'effet climatique. Dans le cas de vents importants, réduire l'inclinaison des panneaux permet de limiter la prise au vent. Au contraire, une inclinaison plus forte facilite l'évacuation de la neige qui pourrait provoquer des infiltrations d'eau.

La contrainte peut également se trouver au niveau assurantiel. En effet, au-delà de 900 mètres d'altitude, les installations ne sont pas couvertes par un ETN ou ATEC. La Maîtrise d'ouvrage doit donc se rapprocher de l'assureur, du fabricant du système et du bureau d'études pour établir un dossier technique spécifique, qui permettra de garantir la solidité, la sécurité, et la couverture assurantienne du projet.

Certains **Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN)**, qui identifient les risques d'inondations, mouvements de terrain, avalanches, séismes et feux de forêts, imposent des restrictions aux installations solaires. Celles-ci concernent majoritairement les installations au sol ; néanmoins, des mesures telles que l'obligation de positionner les panneaux en toiture au-dessus du niveau de la plus forte crue connue en zones inondables pourraient être incluses. Les PPRN sont généralement construits à l'échelle communale et annexés aux plans locaux d'urbanisme (PLU ou PLUi). En 2024, près de 35 000 communes sont couvertes par un PPRN ([consultez la cartographie réalisée par l'ANCT](#))<sup>15</sup>. Une étude préalable approfondie garantit la sécurité et la durabilité des installations tout en respectant les réglementations locales.

## Les contraintes économiques

Enfin, certains projets de solarisation de toiture entraînent des surcoûts trop importants pour être compensés. Le Maître d'ouvrage peut alors juger que cette solution n'est pas pertinente.

Dans certaines zones géographiques, un ensoleillement limité conduit à un rendement insuffisant et risque alors de compromettre l'équilibre économique du projet.

Lorsque l'électricité produite est destinée à la vente, la viabilité financière à long terme dépend de la capacité du projet à rester compétitif. Un projet peut être jugé économiquement non viable si son coût actualisé de l'énergie (LCOE) sur 20 ans dépasse significativement le tarif d'achat obtenu via un appel d'offres ou le coût de l'électricité évité. Ce coût comprend les

investissements initiaux et les dépenses d'exploitation et de maintenance, rapportés à l'énergie produite sur la durée de vie du projet.

Par ailleurs, certains bâtiments existants nécessitent des travaux connexes pour accueillir des installations solaires, en lien avec les contraintes techniques, patrimoniales et climatiques présentées précédemment, qui peuvent alourdir le coût global de l'opération. Un coût des travaux est jugé excessif lorsque le surcoût lié à l'installation photovoltaïque sur 20 ans dépasse manifestement le coût hors taxes des travaux de rénovation. Ce calcul prend en compte les équipements, la main-d'œuvre, le raccordement ainsi que les travaux spécifiques, comme les renforcements structurels ou la réfection de l'étanchéité.

### Raccordement au réseau électrique

Le raccordement de l'installation au réseau, dans le cas du photovoltaïque avec injection, peut avoir un impact conséquent sur le projet, notamment dans les zones où le réseau est ancien, éloigné, ou pour des projets de puissance importante. En zone rurale, le gestionnaire de réseau peut être amené à proposer une offre élevée si l'installation est trop éloignée du point de raccordement. En effet, le raccordement engendrerait des travaux importants, à la charge du Maître d'ouvrage, pouvant même dépasser le coût de l'installation. Les délais, les coûts, les démarches administratives et les contraintes locales sont autant de facteurs à anticiper via l'étude de faisabilité et une demande de raccordement bien en amont du projet. Les outils en ligne d'Enedis permettent d'avoir une indication du coût de raccordement avant la demande.

14- Atlas des Patrimoines



15- Cartographie des Plans de Prévention des Risques Naturels (ANCT)



# Typologie de panneaux solaires



L'énergie solaire peut actuellement être exploitée de deux manières<sup>16</sup> :

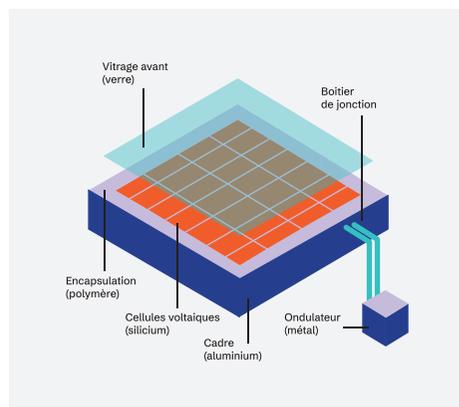
1. Le solaire photovoltaïque qui transforme l'énergie solaire en électricité ;
2. Le solaire thermique qui transforme l'énergie solaire en chaleur.

Ces types de panneaux seront plus au moins adaptés selon les usages du bâtiment auxquels ils seront affectés.

# A. Les panneaux solaires photovoltaïques

C'est la technologie solaire la plus utilisée en France. En 5 ans, [sa production a plus que doublé pour atteindre une part de 4,52% dans le mix électrique français.](#)

Composants principaux :



+ des **conducteurs métalliques** très fins (traces seulement)

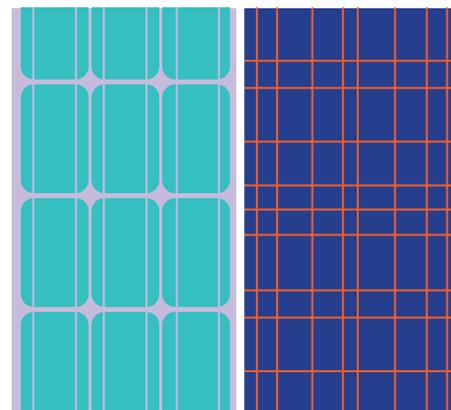
+ des câbles et de l'électronique de connexion surtout en **cuivre (1%)**

Le silicium capte l'énergie des photons (lumière) et libère des électrons créant ainsi un courant électrique continu. L'onduleur convertit ensuite le courant continu en courant alternatif pour une utilisation dans les équipements électriques.

En termes d'usages, les panneaux solaires photovoltaïques peuvent être installés sur tout type de bâtiments tertiaires publics. Ils permettent d'alimenter en électricité l'éclairage intérieur et extérieur, les systèmes de chauffage et de refroidissement, le matériel informatique (ordinateurs, imprimantes, etc.), les bornes de recharge pour véhicules électriques, etc.

Il existe plusieurs types de panneaux photovoltaïques, dont les plus répandus sont :

- **Les panneaux monocristallins :** Ils disposent du rendement énergétique (le rapport entre l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'installation et sa capacité de production d'énergie) le plus élevé, même en hiver ou par temps nuageux; mais sont, par conséquent, plus coûteux. Ils sont idéals pour les toitures disposant de peu de surface pouvant accueillir le système.
- **Les panneaux polycristallins :** D'un rendement légèrement inférieur, ces panneaux sont moins coûteux et ainsi préconisés pour des opérations au budget restreint et pour des grandes toitures bien exposées.



➤ Gauche : monocristallins, droite : polycristallins

D'autres types de panneaux existent. Peu présentes sur le marché, ces technologies sont déployées dans le cadre de projets complexes et/ou exposés à une contrainte spécifique :

1. **Les panneaux à couches minces :** Plus flexibles et légers, ils s'adaptent aux toitures complexes ou ne pouvant supporter de charge trop élevée. Leur rendement énergétique est néanmoins plus faible que pour les catégories précédentes.
2. **Panneaux solaires intégrés aux bâtiments (BIPV) :** Cette technologie permet d'intégrer le système de production photovoltaïque directement dans les matériaux de construction, notamment les tuiles. Leur rendement est plus faible et leur coût plus élevé, mais ils peuvent répondre à des exigences architecturales imposées à certains bâtiments.

Ces différentes technologies disposent de coûts, capacités de production et esthétiques différentes et seront donc plus ou moins adaptées selon les caractéristiques du bâtiment, les ambitions du projet et le budget alloué.

Pour plus d'information, la FNCCR a publié un [guide sur le solaire et le patrimoine protégé](#)<sup>18</sup>.

La production de l'installation dépendra du type de panneaux, ainsi que de la surface solarisée. Ci-dessous, retrouvez pour un échantillon de surface disponible des estimations de puissance, de production et de coûts d'investissement pour des bâtiments publics. Ces valeurs sont indicatives et ont pour objectif de fournir une évaluation de premier niveau du potentiel de solarisation.

Pour chaque projet, les études d'opportunité et de faisabilité développeront et confirmeront ces estimations.



16- Un 3ème type existe : le solaire hybride. Aussi appelé capteur solaire mixte, ce système utilise à la fois des capteurs thermiques et photovoltaïques. Cette technologie est bien moins répandue.

17- Source : bilan électrique 2024

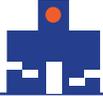
18- Guide solaire et patrimoine protégé



### Des solutions conçues pour répondre aux contraintes patrimoniales

L'intégration architecturale des systèmes photovoltaïques a évolué grâce à des modules totalement noirs et discrets, des panneaux de grande taille au design similaire à des panneaux composites, ou encore des tuiles solaires qui remplacent les éléments de couverture traditionnels tout en étant visuellement proches des tuiles en terre cuite ou en ardoise. Ces technologies permettent une intégration harmonieuse, appréciée par l'ABF pour les bâtiments situés en zones protégées. Les modules photovoltaïques spécifiquement conçus pour des projets architecturaux sont généralement plus onéreux et moins puissants que les modèles standards, même si ces coûts devraient être amenés à diminuer au fil du développement de la filière.

En général, les panneaux photovoltaïques disposent d'une durée de vie de 25-30 ans. Ils fonctionnent encore au-delà de cette échéance, mais leur production sera réduite. La réfection d'une toiture dure en moyenne entre 20 et 30 ans ; associer les deux travaux permet donc de limiter les interventions futures et d'éviter des problèmes tels que des infiltrations qui nécessiteraient la dépose des panneaux pour les traiter. Dans une logique de rénovation globale, ils permettent de réduire les besoins énergétiques et d'atteindre une réduction de la consommation plus importante tout en réduisant drastiquement la facture d'électricité.

Surface solarisée	Puissance installée	Production annuelle	Coûts d'investissement	Exemples d'utilisations
25 m <sup>2</sup>	~3,75 kWc	~3 750 à 4 500 kWh	~4 500 à 6 750 € 	<b>Salle de classe</b> Alimentation des équipements électriques (ordinateurs, éclairage, ventilation, etc.) de 6 à 8 heures/jour, 5/jours/semaine
50 m <sup>2</sup>	~7,5 kWc	~7 500 à 9 000 kWh	~9 000 à 13 500 € 	<b>Mairie</b> Alimentation des radiateurs 6 heures/jour en hiver pour une partie du chauffage*
100 m <sup>2</sup>	~15 kWc	~15 000 à 18 000 kWh	~18 000 à 27 000 € 	<b>Gymnase</b> Projecteurs LED pendant 6 heures/jour, 5 jours/semaine
500 m <sup>2</sup>	~75 kWc	~75 000 à 90 000 kWh	~90 000 à 135 000 € 	<b>Cuisine et cantine scolaire</b> Cuisinières, réfrigérateurs, lave-vaisselle, fours : de 4 à 6 heures/jour, 5 jours/semaine.
1 000 m <sup>2</sup>	~150 kWc	~150 000 à 180 000 kWh	~180 000 à 270 000 € 	<b>Salle polyvalente</b> Eclairage scénique : 4 à 8 heures/jour pendant 200 jours <sup>19</sup>

\* - Un dimensionnement pour alimenter la totalité du chauffage impliquerait un nombre important de panneaux pour supporter les jours les plus froids de l'hiver, il est préférable de dimensionner l'installation pour couvrir une partie "talon" du chauffage pour un investissement modéré

19- Hypothèses de calcul et formules :

- Les panneaux photovoltaïques ont un rendement moyen de 150 Wc/m<sup>2</sup> ;
- La production annuelle d'un système photovoltaïque est estimée à environ 1 000 à 1 200 kWh par kWc installé, en fonction de l'ensoleillement ;
- Le coût d'installation est évalué à 1 200 à 1 800 €/kWc ;
- La puissance installée est estimée selon la formule surface x 0,15 kWc ;
- La production annuelle envisagée à kWh puissance x 1 200 kWh.



# B. Les panneaux solaires thermiques

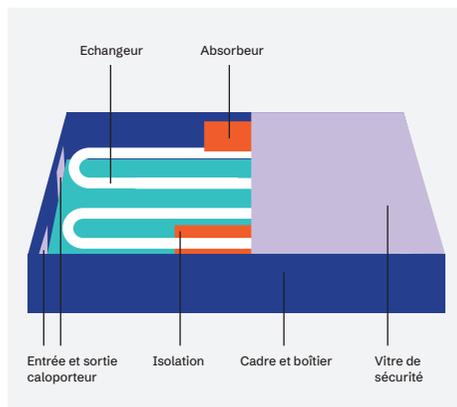
**Le solaire thermique utilise l'énergie du soleil pour chauffer un fluide caloporteur (généralement de l'eau) qui permet de produire de la chaleur. Cette dernière est ensuite utilisée pour fournir de l'eau chaude sanitaire (douches, lavabos, cuisine, etc.) et/ou du chauffage.**

Les panneaux solaires thermiques sont donc adaptés aux bâtiments qui ont une consommation importante d'ECS et de chauffage, contrairement aux panneaux photovoltaïques qui couvrent un usage différent et parfois plus stable : la consommation électrique. Ils nécessitent une certaine inclinaison de toiture pour optimiser leur rendement énergétique et une toiture robuste pour supporter leur poids supérieur aux panneaux photovoltaïques (20 à 35 kg/m<sup>2</sup> versus 10 à 20 kg/m<sup>2</sup>). Néanmoins, ils impliquent moins d'équipements connexes (onduleur, batterie) et moins de surface puisqu'ils sont plus efficaces pour capter et utiliser l'énergie solaire. Ils sont par conséquent d'autant plus adaptés aux toitures petites ou partiellement exploitables et aux bâtiments patrimoniaux pour lesquels une intégration discrète est souhaitée.

*Les installations photovoltaïques sont plus répandues au sein du parc des collectivités ; néanmoins, le solaire thermique peut être plus pertinent pour des bâtiments avec des consommations d'eau chaude constantes à l'année (gymnase avec douches, école avec cantine, bâtiment médical, logement, etc.) ou pour couvrir des besoins de chaleur à basse température (centre aquatique, serres, bâtiments isolés, etc.). Dans ces cas, le solaire thermique est particulièrement rentable et pourrait couvrir jusqu'à 50-70% des besoins. L'option ne doit donc pas être écartée en amont des études qui détermineront la solution la plus adaptée et avantageuse.*

Trois types de panneaux solaires thermiques existent :

**1. Les capteurs plans vitrés :** ils sont composés d'une plaque et de tubes noirs en métal positionnés dans un coffre vitré. Plus répandus, ils disposent du meilleur rapport prix/performance, d'une durée de vie importante et sont facilement intégrables et discrets en toiture.



**2. Les capteurs plans non vitrés :** ces capteurs sont construits sans vitrage ni isolation thermique ; l'absorbeur est directement exposé à l'air. Ils sont relativement économiques mais ne produisent qu'en périodes chaudes et ensoleillées et à une température plus

\* - Un dimensionnement pour alimenter la totalité de l'ECS impliquerait un nombre important de panneaux, il est préférable de dimensionner l'installation pour couvrir une partie "talon" de l'ECS pour un investissement modéré

20- Hypothèses de calcul et formules :

- Les capteurs solaires thermiques produisent en moyenne 500 kWh/m<sup>2</sup>.an en France ;
- Le coût d'installation est estimé à 700 €/m<sup>2</sup> ;
- La production énergétique est estimée selon la formule surface x 500 kWh/m<sup>2</sup>.an ;
- Le coût d'investissement est en moyenne de 700€/m<sup>2</sup>.

basse (20-30°C). Leur utilisation est optimale pour le chauffage de piscines extérieures en été.

**3. Les capteurs à tubes sous-vide :** cette technologie innovante, peu utilisée en France, permet de réduire les déperditions de chaleur grâce aux propriétés isolantes du vide. Ils offrent ainsi de meilleurs rendements énergétiques été comme hiver et sont notamment utiles pour les équipements qui nécessitent de hautes températures (jusqu'à 120°C).



De même que pour les panneaux photovoltaïques, voici quelques ordres de grandeur de production, de coût d'installation et d'usages d'une installation solaire thermique.

Surface solarisée	Production annuelle	Coûts d'investissement	Exemples d'utilisations
25 m <sup>2</sup>	~12 500 kWh	~15 000 à 20 000 €	<b>Gymnase</b> Chauffage des douches pour ~25 utilisateurs/jour
50 m <sup>2</sup>	~25 000 kWh	~30 000 à 40 000 €	<b>Gymnase</b> Chauffage des vestiaires et des douches pour ~50 utilisateurs/jour
100 m <sup>2</sup>	~50 000 kWh	~60 000 à 80 000 €	<b>EHPAD</b> Fourniture de l'ECS pour 50 résidents
500 m <sup>2</sup>	~250 000 kWh	~300 000 à 400 000 €	<b>Piscine</b> Chauffage des douches et des vestiaires pour 400 utilisateurs/jour
1 000 m <sup>2</sup>	~500 000 kWh	~600 000 à 800 000 €	<b>Groupe scolaire</b> Fourniture de l'ECS pour la cantine, les sanitaires, le gymnase et les vestiaires d'une école (500 à 1 000 repas/jour + 300 à 600 élèves)*,20



# Montages contractuels et économiques

Construire un projet de rénovation énergétique et de solarisation de toiture implique de choisir entre plusieurs montages contractuels tant pour la rénovation que pour la solarisation, de mobiliser les différentes subventions existantes sur ces deux thématiques et de sélectionner le mode de valorisation de l'énergie solaire produite dans le cas d'une installation photovoltaïque.

# A. Choisir le mode de valorisation économique de la production photovoltaïque

L'énergie produite par des panneaux photovoltaïques installés en toiture peut être valorisée économiquement par la Maîtrise d'ouvrage de deux manières :

## 1. L'autoconsommation individuelle :

L'électricité produite est consommée directement par le bâtiment pour couvrir ses besoins en éclairage, équipements, chauffage, climatisation, etc. Si la production dépasse les besoins, l'excédent est injecté sur le réseau, de manière rémunérée (vente) ou non.

### ■ Les + :

- Réduction de la facture énergétique
- Réduction de l'empreinte carbone du bâtiment et participation à l'atteinte d'objectifs énergétiques
- Production locale d'énergie

### ■ Les - :

- Les besoins doivent être synchronisés à la production qui est généralement plus importante en journée et en été. Il est donc nécessaire de bien connaître les usages et de développer une démarche de flexibilité électrique pour adapter la consommation à la production.

## 2. La vente totale :

La totalité de l'électricité produite est vendue directement à un opérateur énergétique. Le bâtiment n'utilise donc pas l'énergie produite et continue de se fournir auprès du réseau pour ses besoins. Depuis l'arrêté modificatif du 26 mars 2025, les installations de puissance inférieure ou égale à 9 kWc ne sont plus éligibles à la vente totale au tarif d'achat réglementé.

### ■ Les + :

- Revenus garantis stables grâce au contrat de rachat
- Contourne le besoin de synchronisation des besoins du bâtiment et de la production photovoltaïque

### ■ Les - :

- Dépendance aux tarifs et aux contrats d'achat réglementés, varie selon les orientations politiques
- Absence de bénéfices directs en termes de réduction de la facture énergétique du bâtiment

## Obligation d'achat et arrêté tarifaire pour la revente d'électricité

En France métropolitaine, la revente d'électricité produite est soumise à une obligation d'achat par les opérateurs. Les conditions de cette obligation sont fixées par arrêtés tarifaires, qui sont régulièrement remplacés pour refléter les orientations des politiques publiques énergétiques actuelles. De 2021 à 2025, l'arrêté tarifaire dit "S21" instaurait pour les installations allant de 0 à 500 kWc (soit la majorité des installations en toiture) des tarifs d'achat pour la revente totale et pour la vente du surplus. L'arrêté modificatif du 26 mars 2025 a introduit plusieurs évolutions notables de l'arrêté tarifaire S21, telles que répertoriées par la FNCCR ci-dessous :

### Pour le segment de puissance 0-9 kWc :

- La fusion des sous-segments 0-3 kWc et 3-9 kWc et la suppression de la modalité de vente « en totalité » ;
- Baisse significative de la prime à l'autoconsommation à 0,08 €/Wc et du tarif d'achat à 0,04 €/kWh à partir de la publication de l'arrêté.

### Pour le segment de puissance 9-100 kWc :

- La révision de la courbe de dégressivité tarifaire, avec une suppression de la dégressivité d'urgence et un renforcement des pentes de la dégressivité.

### Pour le segment de puissance 100-500 kWc :

- La révision de la courbe de dégressivité tarifaire, avec une suppression de la dégressivité d'urgence et un renforcement

- des pentes de la dégressivité ;
- L'introduction d'un dispositif de cautionnement de 10 000 € (exemption pour les collectivités) ;
- La nécessité de disposer d'un bilan carbone inférieur à 740 kg eqCO<sub>2</sub>/kWc ;
- Intégration des critères de résilience NZIA à partir de 2026 ;
- Mise en place d'un appel d'offres simplifié pour les installations supérieures à 100 kWc à partir du mois d'août 2025 ;
- Mise en place du dispositif de complément de rémunération pour les installations d'une puissance supérieure à 100 kWc avec l'obligation de disposer d'un agrégateur (acheteur obligé uniquement pour les installations < 100 kWc) et l'obligation de disposer d'un système de coupure en cas de prix négatif.

En bref, cet arrêté modificatif a divisé par trois le tarif d'achat pour la tranche allant de 100 à 500 kWc. A partir de juillet 2025, la dégressivité du tarif d'achat est accentuée, en fonction des quotas imposés par le Ministère en termes de nombre de projets raccordés les mois précédents. Puis, au cours du second trimestre 2025, le guichet actuel laisse place à des appels d'offres simplifiés. Pour candidater, les collectivités devront fournir la preuve qu'une délibération municipale a été votée ou déposer une caution de 10 000 €. Ces évolutions ont pour objectif de favoriser les grands projets, dont l'impact sur les finances publiques est moindre.

**Les montants des tarifs et des primes cités sont susceptibles d'évoluer chaque trimestre. Il est recommandé de consulter régulièrement les publications actualisées de la CRE pour disposer des conditions en vigueur.**

## L'autoconsommation collective :

Au-delà de la vente totale et de l'autoconsommation individuelle, l'autoconsommation collective est de plus en plus plébiscitée. Par ce mode de valorisation, l'électricité produite est partagée entre le bâtiment et d'autres bâtiments à proximité pour couvrir tout ou partie de leurs besoins. Le potentiel surplus peut être vendu.

### ■ Les + :

- Facilite la synchronisation de la consommation et de la production (par rapport à l'autoconsommation individuelle) et permet de tirer avantage de bâtiments disposant d'une surface de toiture importante mais peu consommateurs (et vice-versa)
- Réduction de la facture énergétique pour plusieurs bâtiments
- Réduction de l'empreinte carbone d'un ensemble de bâtiments

## ■ Les - :

- Installation et gestion administrative plus complexes
- Nécessite la présence d'autres bâtiments publics adaptés à proximité. Les bâtiments doivent être situés dans un rayon allant jusqu'à 20 km, à condition de rester sur une même commune ou intercommunalité et de ne pas dépasser 3 MWc de puissance installée.

 Un responsable d'équilibre (RE) doit être désigné pour garantir l'équilibre entre l'électricité injectée et consommée via le réseau public. Ce rôle est essentiel pour valider l'opération auprès du gestionnaire de réseau, mais peu d'acteurs acceptent de l'assumer, en particulier pour des projets atypiques ou de petite taille. Il est donc crucial d'identifier un RE dès la phase de conception.

Consultez [le guide pratique de l'ADEME à l'attention des collectivités territoriales sur l'autoconsommation collective](#)<sup>21</sup> pour en savoir plus.

### Autoconsommation et DEET

L'autoconsommation individuelle peut permettre de contribuer à l'atteinte des objectifs du Dispositif Éco-Énergie Tertiaire car la production générée est directement consommée par le bâtiment sur lequel se trouve l'unité de production. En revanche, tel n'est pas le cas s'agissant de l'autoconsommation collective dès lors que la production électrique reçue fait l'objet d'une facturation : elle est ainsi comptabilisée comme une consommation et ne pourra donc pas être déduite des consommations énergétiques de la collectivité au sens du DEET sur OPERAT<sup>22</sup>.

Pour un bâtiment tertiaire public, l'autoconsommation est souvent plus intéressante car elle maximise les économies sur les factures énergétiques, en évitant d'acheter de l'électricité au prix du marché. De plus, elle participe à l'atteinte des objectifs du DEET. Le choix dépend néanmoins de paramètres propres au bâtiment, notamment de l'usage du bâtiment et de ses besoins en énergie. Il est donc nécessaire de les analyser en amont et de les confronter au productible

du bâtiment (tel que déterminé par la note d'opportunité et les autres études préalables). Le projet de réhabilitation pouvant amener à repenser les changements d'usage, il est d'autant plus pertinent d'installer le dispositif de solarisation à ce moment-là. Un audit énergétique étudie les usages et le profil de consommation d'énergie du bâtiment, des conclusions qui pourront directement être prises en compte dans le choix du mode de valorisation de l'électricité renouvelable produite. Par exemple, les bâtiments ayant une consommation élevée pendant les périodes de pics de production (en journée l'été) sont plus adaptés à l'autoconsommation individuelle alors que ce type de montage sera moins performant pour les bâtiments ayant des besoins faibles et/ou décalés par rapport aux pointes de production.

*Dans le cas d'une installation de panneaux solaires thermiques, la production de chaleur permet de chauffer l'eau nécessaire aux besoins d'eau chaude sanitaire du bâtiment. L'énergie produite est donc valorisée en autoconsommation individuelle.*

### La commune de Rambouillet et SEY78 : Une production en autoconsommation collective partagée avec la commune

L'école Saint-Hubert, située dans la commune de Rambouillet, présente une architecture en forme de croix avec différentes types de toitures pour une surface globale d'environ 1300 m<sup>2</sup>. Lors de sa rénovation énergétique, des études techniques ont permis de saisir une opportunité unique sur la toiture-terrasse : changer la solution d'étanchéité

21- Guide pratique de l'ADEME à l'attention des collectivités territoriales sur l'autoconsommation collective



22- Fiche : Comment faire ma déclaration annuelle de consommation d'énergie ?



23- Page du sous-programme Eff'ACTEE+



de toiture et retirer les gravillons qui la recouvraient, ce qui a réduit la surcharge et ainsi a permis au SEY d'installer des panneaux solaires sans renforcement structurel coûteux. Cette approche a permis de l'intégrer au plan de rénovation du bâtiment, qui incluait déjà des travaux de rénovation énergétiques : isolation, remplacement des fenêtres...

Aujourd'hui, l'école est équipée de 433 panneaux pour une puissance globale de 210 kWc. Compte tenu de la configuration de la toiture, la production annuelle est estimée à 205 000 kWh qui sera valoriser en AutoConsommation Collective (ACC). La ville de Rambouillet étant un adhérent du SEY, le SEY peut donc être la Personne Morale Organisatrice de l'opération d'ACC. Le principal objectif de cette installation consiste à maximiser l'utilisation de l'énergie produite par les sites de la ville. Aussi, 98% de l'électricité produite est utilisée par 14 bâtiments publics de la ville de Rambouillet dans un rayon de 2 km à un taux moyen d'autoconsommation de 15%. Cette production permet d'offrir une énergie locale, renouvelable et à un prix stable indexé au taux moyen de 1,8 % par an.

### Flexibilité électrique et Eff'ACTEE+

La flexibilité électrique se réfère à la capacité à ajuster la production ou la consommation d'électricité sur une période donnée afin de faire correspondre consommation et production. La valorisation de la production d'électricité solaire en toiture en autoconsommation implique d'adapter la consommation d'électricité à la production afin de tirer au maximum parti de la production solaire. Dans ce cadre, il est nécessaire de développer une flexibilité de la consommation électrique des bâtiments, par exemple en programmant certains usages électriques (recharge de véhicules électriques, chauffage, etc.) pour qu'ils aient lieu pendant la pointe de production solaire l'après-midi. ACTEE propose des financements et diverses ressources pour développer la flexibilité électrique dans les bâtiments des collectivités grâce à son sous-programme Eff'ACTEE+<sup>23</sup>.

## B. Les aides financières

Différentes subventions existent tant sur la rénovation énergétique des bâtiments publics que sur la solarisation des toitures. Il est à noter qu'il est interdit de cumuler un contrat OA (vente totale ou surplus) avec tout autre soutien public à la production solaire (article 13 de l'arrêté S21). Ce principe reste vrai même après l'introduction des appels d'offres simplifiés en 2025.

Par conséquent, la majorité des subventions disponibles sur la solarisation se concentrent aujourd'hui sur la phase ingénierie : réalisation des études de faisabilité et de conception, Assistance à Maîtrise d'Ouvrage, etc.



**ELENA** : Le mécanisme ELENA vise à financer l'ingénierie de projet pour accélérer les investissements dans l'efficacité énergétique

et les énergies renouvelables intégrées au bâti, tels que les panneaux solaires. Dans ce cadre, le SDE 24, le SIGERLY et le SIEL TE Loire mettent à disposition (de 2024 à 2027) des collectivités un accompagnement technique, administratif, juridique et financier des projets de rénovation de leur parc bâti, depuis leur initiation jusqu'à leur mise en œuvre. Un volet « énergies renouvelables intégrées au bâti » a été inclus. Le syndicat peut alors réaliser des études et de la coordination territoriale pour identifier, sélectionner et préparer les projets d'investissement en définissant la modalité d'implémentation la plus adaptée à la commune et au projet, et gérer le lancement et la passation des marchés de travaux.



UNION EUROPÉENNE

Fonds européen de développement régional

**FEDER** : Le FEDER soutient les investissements des collectivités dans des projets structurants, dont la rénovation

énergétique des bâtiments publics. Ces aides peuvent être mobilisées pour des projets solaires thermiques et photovoltaïques conséquents et non subventionnés par l'Etat, notamment les opérations d'autoconsommation individuelle sans vente du surplus ou d'autoconsommation collective de grande taille. Sont notamment éligibles les dépenses d'investissement (achat des panneaux, systèmes de suivi de la production, matériel de raccordement, etc.) et les travaux d'installation, de raccordement et de renforcements structurels (hors travaux de rénovation non liés à la production). Certaines régions acceptent également que les études soient incluses dans l'assiette subventionnable. Toutes les régions ne proposent pas d'aides du FEDER pour les projets de solarisation de toitures (les orientations choisies sont listées sur les sites des Conseils régionaux).



**Fonds Chaleur :** Le Fonds Chaleur, porté par l'ADEME, finance des projets de solaire thermique via des aides portant sur les études préalables et sur les investissements (achat et installation de capteurs et d'équipements annexes). Des cahiers des charges, guides et retours d'expérience accompagnent également les porteurs de projets.



**ACTEE :** ACTEE finance les projets de rénovation énergétique des bâtiments publics. Diverses actions sont subventionnées via le Fonds CHÈNE : recrutement d'économistes de flux, réalisation d'études préalables (audits énergétiques, études de faisabilité d'isolation de toiture dans une logique PV ready, études de structure), études de Maîtrise d'Œuvre et Assistance à Maîtrise d'Ouvrage. Le centre de ressources ACTEE complète ces financements par des publications. Dans ce cadre, un [cahier des charges](#)<sup>24</sup> type d'étude de faisabilité d'isolation de toiture dans une logique PV ready et d'étude de structure a été publié pour inciter les collectivités à étudier la solarisation lors de travaux de rénovation énergétique de la toiture.



**Banque des Territoires :** La Banque des Territoires propose des prêts à taux préférentiels pour les travaux de rénovation énergétique et de solarisation. Ceux-ci peuvent couvrir les études préalables, l'achat et l'installation des équipements et les travaux de raccordement au réseau électrique. Elle peut aussi intervenir en tant que partenaire financier en investissant en fonds propres dans des sociétés de projet dédiées à la production d'énergie renouvelable. Enfin, au-delà du financement, la Banque des Territoires propose un accompagnement en ingénierie pour aider les collectivités à structurer leurs projets de solarisation, identifier les modèles économiques les plus adaptés et monter les dossiers de financement.



**Fonds Vert :** Les projets de rénovation globale des bâtiments publics éligibles aux aides du Fonds Vert pour les dépenses d'investissement peuvent inclure dans le programme de travaux l'installation de panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques.



**DSIL et DETR :** Ces deux dotations peuvent être sollicitées pour des projets de solarisation de toitures. Le couplage à une rénovation énergétique du bâtiment augmente les chances de voir son dossier accepté car cela permet de justifier d'un projet structurant pour le territoire, mobilisant un double levier énergétique.

**Les projets de solarisation de toitures sont éligibles aux fonds du programme ACTEE et au Fonds Vert uniquement s'ils s'inscrivent dans une démarche de rénovation globale du bâtiment.**

## Aides financières disponibles selon le parcours utilisateur :



# C. Montages contractuels

**Au-delà de son bouclage financier, un projet couplant rénovation énergétique et solarisation doit faire l'objet d'une attention particulière en termes de montage contractuel.**

Quatre questions se posent alors :

## Rénovation

1. Quel type de marché utiliser pour les travaux de rénovation énergétique ?
2. Est-ce que la collectivité conserve ou délègue la Maîtrise d'ouvrage des travaux de rénovation énergétique et à quelle entité ?

## Solarisation

3. Quel type de marché utiliser pour la solarisation (l'acquisition, la pose et éventuellement l'exploitation des panneaux solaires) ?
4. Est-ce que la collectivité conserve ou délègue la Maîtrise d'ouvrage des travaux de solarisation et à quelle entité ?

En ce qui concerne les travaux de rénovation énergétique (questions 1 et 2), les différents marchés de travaux sont détaillés dans le [kit ACTEE dédié](#)<sup>25</sup> et la délégation de Maîtrise d'ouvrage est abordée dans le [guide ACTEE sur ce sujet](#)<sup>26</sup>. Ces documents détaillent d'une part les types de marché qui peuvent être utilisés pour porter des

24- Cahier des charges type d'étude de faisabilité d'isolation de toiture dans une logique PV ready et d'étude de structure



25- Kit ACTEE marchés de travaux



26- Guide ACTEE sur la délégation de maîtrise d'ouvrage



projets auxquels peut être intégrée la solarisation, et d'autre part la manière dont la collectivité peut déléguer ou non sa Maîtrise d'ouvrage sur ces travaux et l'exploitation de l'installation.

Pour un projet de rénovation de bâtiment public avec solarisation de la toiture, les collectivités peuvent mobiliser plusieurs types de marchés publics selon leur stratégie (investissement direct, tiers-financement, mutualisation, etc.). **Voici les principaux montages juridiques et contractuels possibles :**

### 1. Marché public de travaux :

Le marché de travaux est la forme la plus directe : la collectivité finance l'achat et la pose des panneaux solaires, qu'elle intègre dans le marché global de rénovation ou dans un lot séparé. Elle devient propriétaire de l'installation et en assure ensuite l'exploitation, soit en interne, soit en la confiant à un prestataire par un autre marché (maintenance, supervision, etc.). Ce mode est adapté aux collectivités souhaitant garder la pleine maîtrise du projet et intégrer la production solaire dans leur stratégie patrimoniale.

### 2. Marché global de performance :

Le marché global de performance permet de regrouper conception, réalisation, exploitation et maintenance, avec un engagement de performance énergétique sur la durée. Il est particulièrement pertinent lorsque la solarisation s'intègre à une rénovation énergétique globale. L'opérateur est ainsi incité à optimiser les solutions techniques, y compris la production d'énergie renouvelable, pour garantir les résultats attendus. Enfin, la loi du 30 mars 2023 offre de nouvelles possibilités, en ouvrant le tiers-financement aux collectivités territoriales au travers d'un nouvel outil, [les Marchés Globaux de Performance Énergétique à Paiement Différé \(MGPEPD\)](#)<sup>27</sup>.

### 3. Délégation de service public (DSP) :

Dans une DSP, la collectivité confie à un tiers (Société d'Economie Mixte (SEM), entreprise privée, coopérative) la construction et l'exploitation d'une installation solaire, en lui permettant d'utiliser la toiture. Le délégataire finance les équipements et valorise l'électricité produite (en vente ou en autoconsommation collective), souvent contre une redevance ou un partage des économies. Ce modèle est adapté si la collectivité ne souhaite pas porter l'investissement mais veut valoriser ses toitures de manière structurée dans le cadre d'un service public local d'énergie.

### 4. Convention et autorisation d'occupation du domaine public :

Ce montage consiste à autoriser un tiers à utiliser la toiture d'un bâtiment public pour y exploiter une centrale solaire, sans gestion de service public. L'opérateur finance, installe et exploite l'installation à ses risques, en contrepartie d'une redevance ou non. Ce montage est souvent utilisé pour des projets citoyens, coopératifs ou portés par des SEM locales, notamment quand la collectivité souhaite s'impliquer sans mobiliser de budget d'investissement et ne souhaite pas réaliser d'autoconsommation.

### 5. Marché de conception-réalisation :

Le marché de conception-réalisation regroupe en un seul contrat la conception technique et la réalisation des travaux, ce qui permet à la collectivité de simplifier la procédure et de gagner du temps. Il peut être mobilisé pour un projet de rénovation incluant la solarisation, et permettre à l'opérateur de proposer une solution clé en main, optimisée selon les contraintes techniques du bâtiment. Ce type de marché est adapté lorsque les ressources internes sont limitées ou que le projet présente des contraintes spécifiques.

### 6. Accord-cadre :

L'accord-cadre permet à une collectivité de lancer un ensemble de projets de solarisation sur plusieurs bâtiments ou sur plusieurs années avec un seul appel d'offres initial. Il facilite la mutualisation, la standardisation des solutions techniques et la planification budgétaire. Ce type de marché est pertinent pour les collectivités dotées d'un parc bâti important et qui souhaitent inscrire la solarisation

dans une stratégie pluriannuelle cohérente.

## Choix de la Maîtrise d'ouvrage du projet de solarisation :

### 1. Maîtrise d'ouvrage directe :

La collectivité finance entièrement la réalisation et l'exploitation de la solarisation de son foncier. C'est à la fois l'option la plus simple administrativement et la plus courante. Elle permet à la collectivité de maximiser les gains financiers de la production, mais nécessite un investissement initial important et les ressources internes nécessaires à la gestion de l'installation. Le marché peut être confié à une Société Publique Locale (SPL) ou une SEM de manière à externaliser le besoin de compétences tout en gardant le pouvoir de décision.

### 2. Maîtrise d'ouvrage déléguée :

La délégation à une collectivité territoriale disposant de ressources plus importantes, ou des expertises supplémentaires, peut être pertinente selon les situations. Ces structures « mandataires » peuvent également porter plusieurs projets en même temps sur un même territoire, ce qui permet de réaliser des économies d'échelle et de solliciter des subventions réservées aux projets d'envergure (le FEDER par exemple). Via ce dispositif, la commune « mandante » peut donc déléguer notamment la préparation, la passation et le suivi des marchés de Maîtrise d'œuvre et de travaux ainsi que le paiement des prestations. Pour aller plus loin, consultez [le guide dédié par ACTEE](#)<sup>28</sup>. Le mandataire n'agit toutefois pas à la place de la commune mais bien en son nom et pour son compte. La Maîtrise d'ouvrage peut ainsi être déléguée à une intercommunalité, un syndicat départemental d'énergie, un collectif citoyen, une SEM, etc.

27- Pour en savoir plus sur les MGPEPD



28- Mutualiser les travaux de rénovation énergétique et en déléguer la Maîtrise d'ouvrage



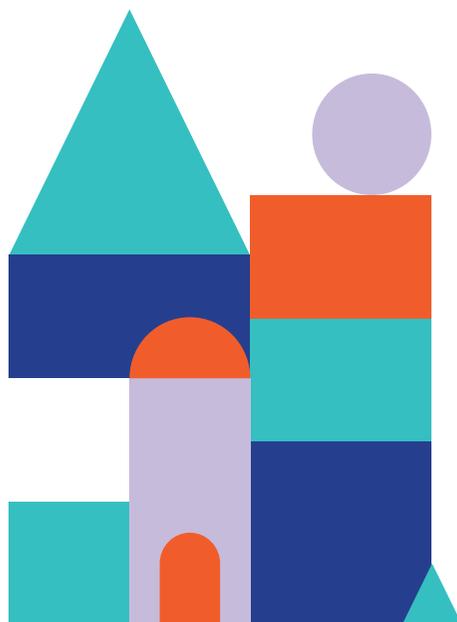
# Conclusion

Coupler rénovation énergétique et solarisation des toitures est une opportunité pour les collectivités de mobiliser conjointement deux leviers de transition énergétique clés pour la résilience des territoires. Quand cela est pertinent, inscrire cette démarche dans une approche de parc permet de traiter ces deux leviers plus efficacement.

En étudiant l'ensemble de ses bâtiments sous le double prisme de l'efficacité énergétique et du potentiel solaire, la collectivité pourra développer une stratégie de planification et de priorisation des travaux, en accord avec les objectifs qu'elle souhaite atteindre.

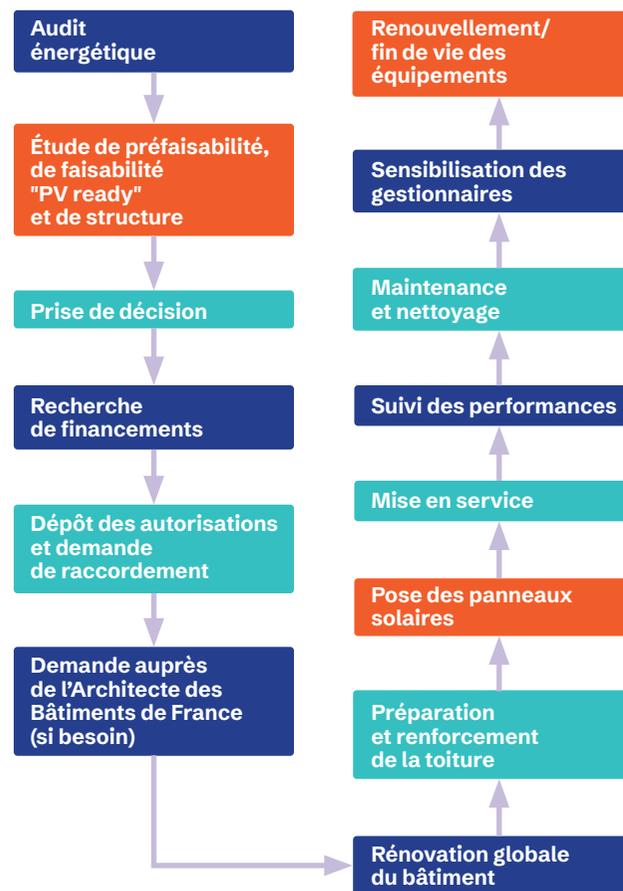
Il est ensuite important de tenir compte des spécificités de chaque bâtiment : occupation, profil de consommation, orientation, état de la toiture, etc. Ces paramètres permettront de réaliser les choix stratégiques du projet, tels que l'énergie produite (solaire thermique ou photovoltaïque), son mode de valorisation (autoconsommation, vente, thermique), la surface dédiée, etc., en fonction des besoins réels et des contraintes techniques de chaque site.

Enfin, associer rénovation énergétique et solarisation de la toiture permet de limiter le nombre d'interventions, réduire les coûts, et se conformer aux obligations réglementaires, notamment celles du décret tertiaire. C'est aussi un moyen pour les collectivités d'anticiper les évolutions futures du cadre énergétique tout en rendant leur patrimoine plus résilient et durable.



# Annexes

## Principales étapes d'un projet de rénovation et de solarisation



## Checklist « to do » et pièges à éviter

### En amont du projet 1

- Penser sobriété avant tout : définir les besoins réels et évaluer les marges de réduction de consommation.
- Adopter une approche à l'échelle du parc si pertinent : mutualiser les diagnostics pour identifier les bâtiments à prioriser.
- Identifier les obligations réglementaires : décret tertiaire (DEET), loi APER.
- Analyser les contraintes du site : PLU, zones protégées, état de la toiture, isolation existante, orientation.
- Explorer les aides financières disponibles.
- Clarifier les modalités de portage : en propre ou tiers investisseur, autoconsommation ou revente ?

### Lancement du projet 2

- Réaliser un audit énergétique ou une étude conjointe : rénovation énergétique + ENR.
- Si pertinent engager une Maîtrise d'œuvre adaptée : avec double compétence rénovation + ENR.
- Associer les bons interlocuteurs : ABF si besoin, service urbanisme, gestionnaire de réseau, assureur.
- Lancer les démarches administratives : raccordement, autorisations, assurances.
- Structurer le plan de financement : prévoir aussi les coûts d'exploitation et de maintenance.
- Mobiliser les parties prenantes : sensibiliser élus, agents techniques, usagers.

### Suivi et exploitation 4

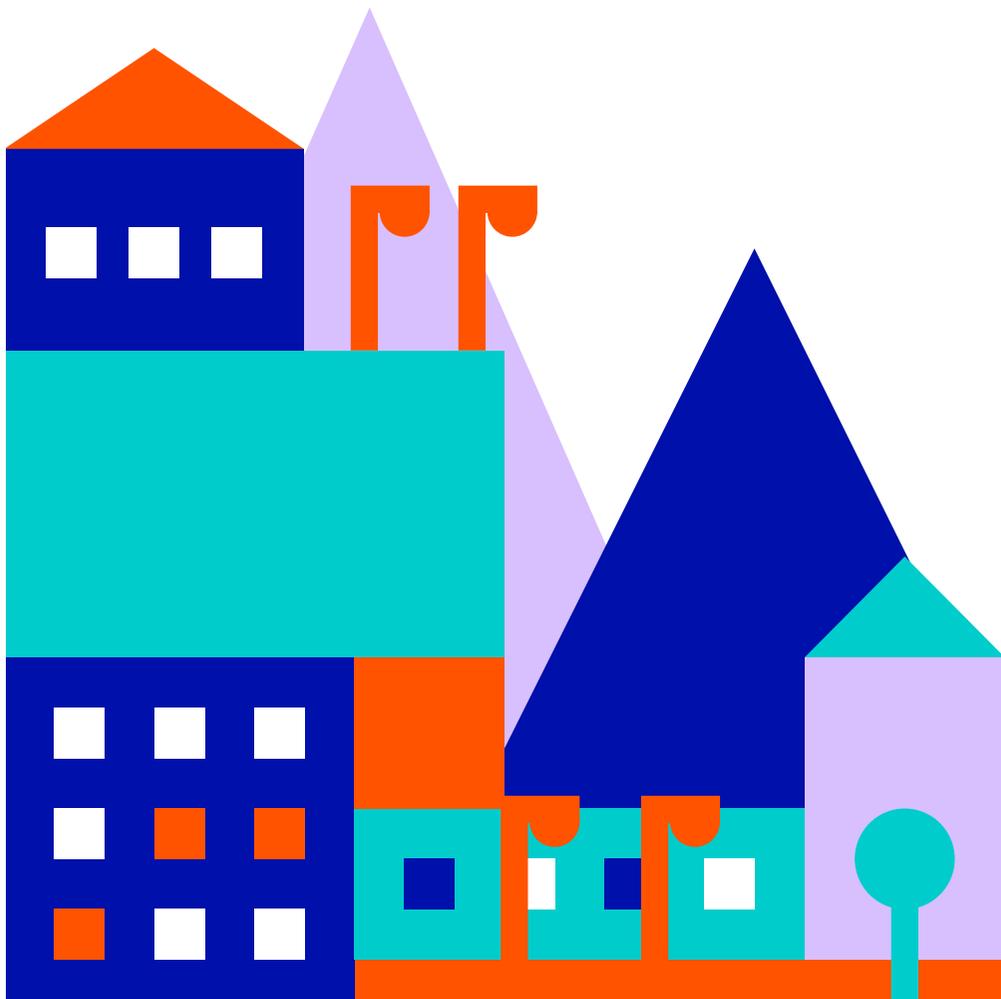
- Mettre en place un suivi actif : consommation énergétique et production solaire.
- Former les agents en charge : maintenance, alerte, compréhension des outils.
- Sensibiliser les occupants : bon usage des équipements et sobriété.
- Centraliser l'information : cartographie du patrimoine, tableau de bord, alertes automatiques.

### Phase travaux 3

- Coordonner les interventions : phaser intelligemment isolation, couverture, pose solaire.
- Assurer la qualité technique : validation structurelle, étanchéité, compatibilité isolants/panneaux.
- Prévoir un suivi post-réception : contrat de maintenance, période d'observation, ajustements.

### Fin de vie et renouvellement 5

- Anticiper les échéances : fin de contrat d'achat, obsolescence technique.
- Étudier les scénarios possibles : repowering, démantèlement, réengagement.
- Prévoir la gestion des déchets : filières de recyclage (REP).
- Raisonner à l'échelle du parc : pour maintenir cohérence et performance globale.



Mis à jour le 09/2025

[actee@fnccr.asso.fr](mailto:actee@fnccr.asso.fr)

[www.programme-cee-actee.fr](http://www.programme-cee-actee.fr)

ACTEE (SASU FNCCR), siège social :  
20, bd de La Tour-Maubourg, 75007 Paris  
Bureaux : 19, rue Cognacq-Jay, 75007 Paris  
Numéro SIRET : 97865712000017, Numéro APE : 7112B  
Guillaume Perrin, Directeur SASU FNCCR et directeur d'ACTEE

En  
partenariat  
avec



Programme  
financé  
par

