

Février 2026

Matinée technique #11

EnR PV et Thermique

Technique et insertion architecturale et paysagère

Ce qu'il faut retenir

- L'énergie solaire peut être valorisée de deux manières : en électricité (photovoltaïque) ou en chaleur (solaire thermique), à partir de trois types de rayonnements : directs, diffus et de l'albédo.
- Le photovoltaïque présente un temps de retour énergétique d'environ 1an et demi en Europe, pour un retour carbone entre 3 et 4 ans, ainsi qu'une filière de recyclage permettant d'atteindre un pourcentage de 94% de recyclage (le silicium, principal matériau des panneaux, n'étant pas une terre rare).
- Le solaire thermique permet de couvrir une part importante des besoins en eau chaude sanitaire et jusqu'à 40-60% des besoins de chauffage d'un foyer, avec nécessité d'un appoint.
- L'intégration architecturale et patrimoniale (inclinaison, visibilité, orientation, réflexion à l'échelle de la parcelle...) des différents panneaux, aussi bien photovoltaïques que thermiques, est un levier clé pour la réussite des projets.

Intervention :

Roxanne Bernard

Chargée de projet Architecture du patrimoine et Rénovation énergétique chez Grand Paris Climat

Célia Bonnin

Chargée de mission patrimoine tertiaire et EnR, Animatrice Les Générateurs et Chaleur Renouvelable chez l'ALEC POLD

Mattéo Boissière

Animateur Chaleur Renouvelable chez Grand Paris Climat

Contexte

Cette 11^{ème} Matinée Technique de Grand Paris Climat était consacrée au solaire photovoltaïque et au solaire thermique. L'objectif était de présenter les fondamentaux de ces deux énergies renouvelables, leurs différences technologiques, leurs usages, leurs modalités d'intégration architecturale ainsi que les conditions de réussite des projets.

Cette matinée s'adressait aux conseillers France Rénov' du réseau métropolitain accompagnant les ménages, les copropriétés et les collectivités dans leurs projets EnR. La présentation alternait ainsi entre apports techniques, retours d'expériences et échanges avec les participant.e.s.

Introduction à l'énergie solaire

Célia Bonnin ouvre la présentation en proposant une introduction générale à l'énergie solaire. L'énergie solaire correspond à l'énergie issue du rayonnement solaire, que l'on peut capter de trois façons différentes :

- Par le **rayonnement direct** lorsque le soleil frappe directement les panneaux ;
- Par le **rayonnement diffus** à travers les nuages (souvent sous-estimé mais bien réel) ;
- Par **l'albédo**, autrement dit la réflexion du rayonnement solaire sur certaines surfaces comme un lac ou de la neige par exemple.

Cette énergie permet de développer deux technologies bien distinctes. **Le solaire photovoltaïque qui transforme la lumière en électricité**, et **le solaire thermique qui capte la chaleur** pour produire de l'eau chaude sanitaire et, dans certains cas, contribuer au chauffage des bâtiments.

Nous avons ainsi deux usages différents : l'un produit de l'électricité pour réduire les factures, l'autre de la chaleur pour couvrir les besoins en eau chaude ou chauffage.

Le réseau "Les Générateurs"

C'est un dispositif porté par l'ADEME pour accompagner les collectivités dans le développement de leurs projets photovoltaïque ou éolien, depuis la sensibilisation jusqu'à la rédaction de notes d'opportunité.

La composition des panneaux photovoltaïques

Célia revient sur certaines idées reçues concernant la composition, le recyclage et l'impact environnemental des panneaux solaires photovoltaïques.

Le matériau principal des panneaux est le **silicium**, qui **n'est pas une terre rare**. De plus, en France, la filière du recyclage est structurée autour de l'éco-organisme **Soren**, qui **recycle et valorise 94% des panneaux**.

Enfin, concernant l'impact environnemental, le **temps de retour énergétique**, qui correspond au temps nécessaire pour que le panneau produise l'énergie ayant servi à sa fabrication, est d'environ **1 an et demi en Europe**. Le **temps de retour carbone** quant à lui, incluant l'ensemble des émissions de la production au transport, se situe plus **entre 3 et 4 ans**.

Le kilowatt-crête

C'est l'unité de mesure de la puissance d'une installation.

A titre indicatif, 1 panneau standard représente environ 0,4kWc pour une surface proche de 2m². Pour une petite installation résidentielle, le coût se situe généralement entre 2 et 2,5€ par watt-crête.

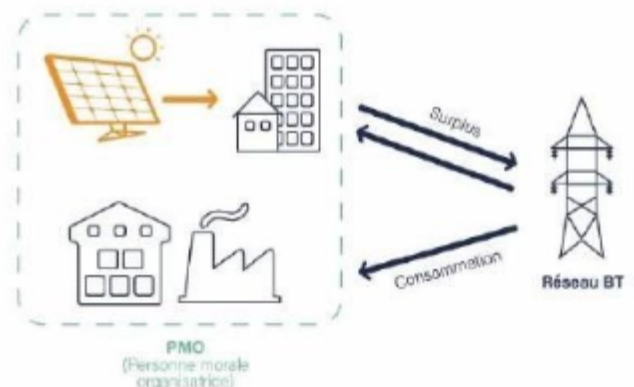
Les différentes formes d'autoconsommation

Autoconsommation individuelle



En autoconsommation individuelle, l'électricité produite est directement consommée sur le bâtiment, et le **surplus est réinjecté dans le réseau**.

Autoconsommation collective



En autoconsommation collective, le surplus réinjecté est **redistribué contractuellement entre plusieurs bâtiments**.

En sachant que **la priorité actuelle est plutôt de maximiser l'autoconsommation**. Les dispositifs de soutien évoluant défavorablement pour les autres alternatives comme la vente de la totalité de sa production individuelle.

Le solaire thermique

Le fonctionnement du solaire thermique est plus simple à appréhender : il s'agit de **chauffer l'eau grâce au soleil via des capteurs**, puis de stocker cette chaleur dans un ballon. Contrairement à l'électricité, **la chaleur se conserve plus facilement : il s'agit d'une énergie stockable.**

Il existe différents types de capteurs :

- Les **capteurs souples** fonctionnent à basse température et sont comparables à des bâches de piscine pour le préchauffage ;
- Les **capteurs plans** sont les plus courants et adaptés à l'eau chaude sanitaire ;
- Les **capteurs en forme de tube**, plus coûteux, permettent d'atteindre des températures plus élevées.

Ces systèmes combinés peuvent **couvrir une partie significative des besoins de chauffage** (de l'ordre de 40 à 60%), mais **un appoint reste toujours nécessaire**. Cet appoint peut être assuré par une chaudière gaz ou bois, une pompe à chaleur aérothermique ou géothermique, voire un réseau de chaleur. A ce titre, Mattéo Boissière évoque un exemple de couplage entre géothermie et solaire thermique, où des panneaux contribuent à recharger thermiquement le sol, réduisant ainsi le nombre de sondes nécessaires et donc le coût global.

L'intégration architecturale et patrimoniale

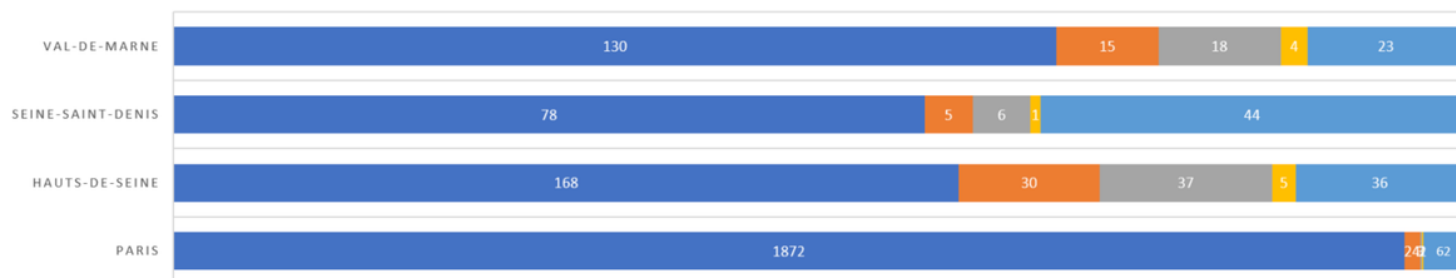
Roxanne Bernard intervient sur la question de l'intégration architecturale. Elle explique que les inclinaisons optimales diffèrent selon la technologie : entre **10 et 45 degrés pour le photovoltaïque** et plutôt entre **40 et 60 degrés pour le thermique**. L'orientation Sud reste à privilégier, mais le photovoltaïque offre davantage de souplesse, **avec une possibilité d'orientation Est-Ouest** permettant de couvrir les besoins sur une plus grande plage horaire avec moins de puissance.

Enfin, concernant l'épaisseur moyenne des panneaux : les panneaux solaires photovoltaïque sont moins épais que les panneaux solaires thermiques. Ainsi, l'impact paysager de ces deux technologies va être différent en toiture. En gardant à l'esprit que **la pause en surimposition reste à privilégier**, pour des questions de réversibilité.

La question de l'intégration architecturale et patrimoniale des panneaux photovoltaïques et thermiques est particulièrement importante dans la Métropole du Grand Paris où **60% de son territoire est concerné par une protection patrimoniale**, soit presque 200 000 000 m².

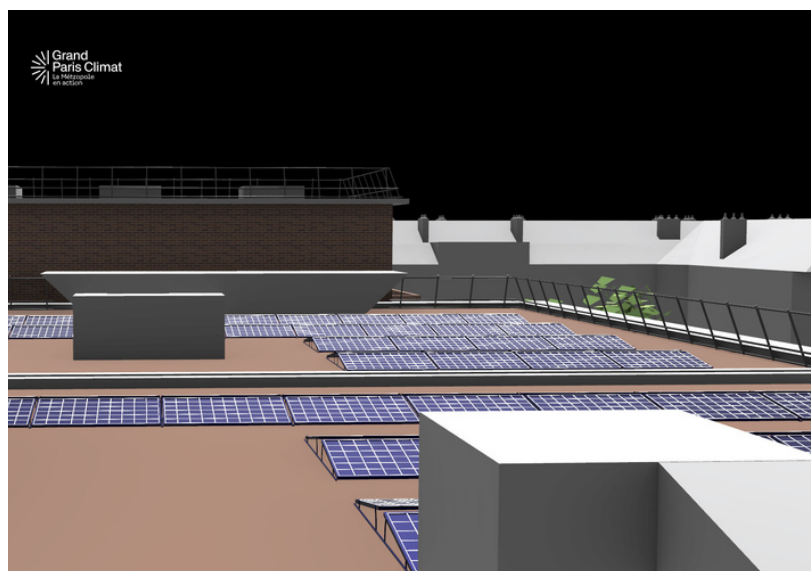
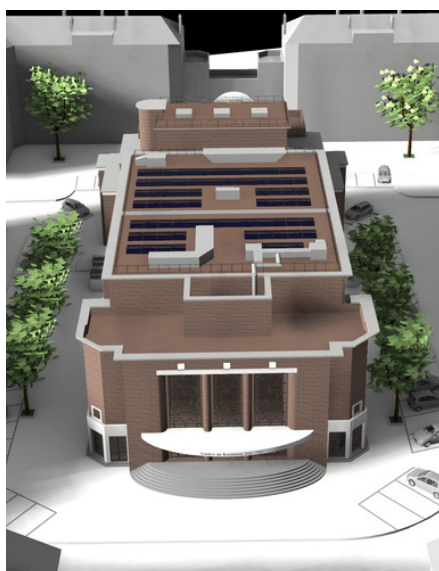
Ces contraintes patrimoniales sont de plusieurs types : Sites Patrimoniaux Remarquables, Monuments Historiques, zones UNESCO, Sites inscrits et classés. Tous impliquent un avis des Architectes des Bâtiments de France (ABF) qui conditionne parfois l'obtention de la Déclaration Préalable. Sans oublier les règlements des PLU, PLUi, PLUb imposés par la Direction de l'Urbanisme.

■ Monuments Historiques : ■ Sites classés : ■ Sites inscrits : ■ Site Patrimonial Remarquable : ■ Label ACR :



Répartition des protections patrimoniales par département au sein de la MGP

L'objectif est d'**insérer les panneaux de manière cohérente**, en évitant l'effet "patchwork" et en préservant la lisibilité de la toiture. Lorsque c'est possible, il est préférable de **limiter la visibilité depuis l'espace public** (enjeux de visibilité et co-visibilité). Des **modélisations 3D** peuvent alors être réalisées par Grand Paris Climat pour aider les différents acteurs et notamment les ABF, à mieux appréhender l'impact visuel des projets.



Insertion architecturale de panneaux PV - Théâtre Jean Vilar - Suresnes

Atelier de formation ENR par Célia et Roxanne

Cet atelier animé sur une demi-journée par Célia et Roxanne, permet d'approfondir les aspects techniques et architecturaux du solaire photovoltaïque. Après un temps de présentation technique, les participantes et participants réalisent un cas pratique leur permettant de dimensionner une installation, d'évaluer sa rentabilité et de l'insérer dans le paysage urbain. L'objectif étant de donner aux conseillères et conseillers toutes les clés pour accompagner concrètement un porteur de projet.

Questions / Réponses

Avec un tarif de rachat d'environ 0,04€ par kWh, est-il pertinent d'installer des batteries pour stocker le surplus photovoltaïque?

A ce jour, l'installation de batteries pour des projets résidentiels ou de petite copropriété n'est pas financièrement pertinent. Le coût d'investissement est élevé, auquel s'ajoutent des coûts assurantiels et des contraintes techniques supplémentaires. Même si le tarif de rachat est peu attractif et évolue défavorablement, il est plus pertinent de chercher à maximiser son autoconsommation.

Qui doit déposer la déclaration préalable de travaux pour une installation solaire ?

La DP peut être déposée par le particulier lui-même, mais il est recommandé qu'il soit accompagné par un conseiller ou un maître d'œuvre. Pour garantir un dossier solide, il faut faire appel à un architecte et/ou un maître d'œuvre.

Les panneaux solaires hybrides, combinant photovoltaïque et thermique (PVT), sont-ils une solution intéressante ?

Les panneaux hybrides, également appelés PVT, combinent production d'électricité et production de chaleur sur un même module. Cette solution peut être pertinente lorsque la surface de toiture est limitée et que le bâtiment présente des besoins en chaleur et en électricité. Toutefois, c'est une technologie encore relativement récente, avec peu de retours d'expérience. Elle peut aussi poser des difficultés en matière d'installation, car elle nécessite des compétences à la fois en couverture, en électricité et en plomberie.

Une pompe à chaleur déjà installée peut-elle être hybridée avec du solaire thermique ?

Oui. Le principe consiste à utiliser le solaire pour préchauffer l'eau avant son passage dans la PAC. Ainsi, l'eau arrive à une température plus élevée dans le système, ce qui réduit l'effort de la PAC pour atteindre la température souhaitée.



Les matinées techniques d'1h30, arbitrées et animées par Grand Paris Climat en visio, permettent aux conseiller-e-s de se former sur des sujets techniques et/ou de nouvelles méthodes, obtenir des inspirations et sources nouvelles. Les thèmes sont identifiés avec les ALEC-ECFR et en fonction des disponibilités des personnes ressources.

Consulter les CR des
matinées techniques

www.grandparisclimat.org