

LE PHOTOVOLTAÏQUE



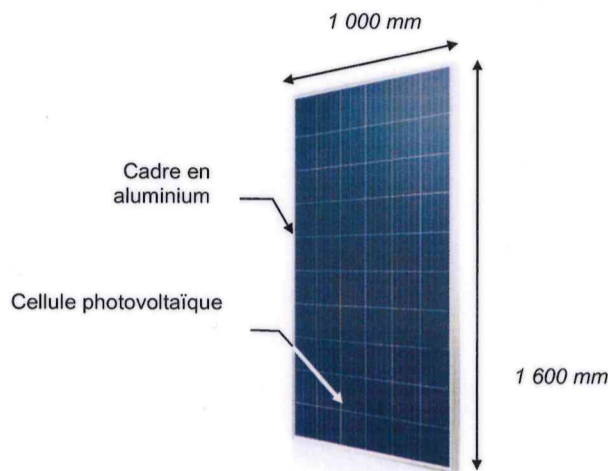
Mise en œuvre de la technologie

Une cellule photovoltaïque est composée d'un matériau semi-conducteur qui absorbe l'énergie lumineuse du soleil et la transforme en électricité.

Lorsqu'une cellule est exposée au rayonnement solaire, les photons de la lumière viennent frapper sa face avant. L'énergie des photons est partiellement transmise aux électrons qui se déplacent de la face arrière de la cellule à la face avant. C'est ce déplacement des électrons qui crée un courant électrique.



Cellule de 166 mm x 166 mm et d'épaisseur 0,1 mm



Un module polycristallin de 1,6 m² et d'une puissance de 320 Wc (rendement de 20%)

La puissance d'un module photovoltaïque est exprimée en Watt crête ; c'est une valeur donnée pour un ensoleillement de 1 000 W/m² et une température de 25 °C

1 MWc = 1 mégawatt crête = 1 000 000 Wc

Chaque cellule photovoltaïque ne génère qu'une petite quantité d'électricité. Elles sont donc assemblées en série pour constituer un **module photovoltaïque**, qui se compose généralement d'un circuit de 60 cellules (ou 120 demi-cellules). Le matériau utilisé étant très fragile, les cellules sont encapsulées entre une plaque de verre et un matériau composite. Il existe des modules bi-verre plus résistant et permettant de laisser passer une partie du rayonnement entre les cellules. Un cadre en aluminium permet la fixation de ce module sur différents types de supports. Des modèles sans cadre permettent différentes variantes pour l'intégration architecturale.

Un **générateur photovoltaïque** est composé d'un champ de modules, de structures rigides (fixes ou mobiles) pour poser les modules, du câblage, et des onduleurs qui permettent de convertir le courant continu en courant alternatif compatible avec le réseau électrique.

Les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle). Les modules photovoltaïques sont généralement garantis 25 ans et leur durée de vie est d'environ 30 ans.

3kWc de modules photovoltaïque (15m²) produisent 3,3 MWh (mégawatt heure) dans l'année sur le territoire.

Mode de valorisation de l'électricité produite

Historiquement, avec des tarifs d'achats très avantageux, il était économiquement plus viable de vendre en totalité l'électricité produite à EDF ou aux Entreprises Locales de Distribution (Régie d'électricité). Ainsi depuis 2006, la plupart des projets ont été conçus sur ce principe.

Avec la baisse des coûts des modules photovoltaïques (plus de 80% depuis 2010), la production d'énergie photovoltaïque devient désormais compétitive avec le coût de l'électricité du réseau. Il devient intéressant économiquement d'autoconsommer sa production plutôt que de vendre la totalité de son courant. Les différents modes de valorisation de l'électricité produite sont présentés à la page suivante.



Centrale au sol à Culhat

Éléments économiques



180 €TTC/MWh (particulier - 3kWc)

130 €HT/MWh (tertiaire collectif - 30 kWc)

100 €HT/MWh (grande toiture > 500 kWc)

80 €HT/MWh (centrale au sol)

* Coût complet de l'énergie en 2023 sur la durée de vie des équipements- source ADEME

IFER 3 400 €/MWc (pour les installations de plus de 100 kWc. 50% EPCI, 50% Département)

Emprise moyenne au sol



1 ha/MWc (centrale au sol)

source ADEME

Idées reçues

Les technologies solaires photovoltaïques actuellement utilisées n'utilisent pas de terre rares.

L'éco-organisme SOREN est missionné par l'Etat pour collecter et recycler les modules photovoltaïques en fin de vie. La filière de recyclage existe depuis 2007 et les modules sont actuellement recyclés à 94%.

Les coûts des systèmes photovoltaïques et les coûts d'exploitation ont spectaculairement baissé au début de la décennie 2010.

Le coût d'une installation a notamment été divisé par 10 en 10 ans.

Lorsqu'elles produisent, les installations photovoltaïques viennent en substitution des centrales à gaz. En 2019, RTE a estimé que l'énergie éolienne et photovoltaïque avait permis d'éviter 22 Mt CO₂ dans l'année.

Source : RTE, ADEME

Unité : 1 MWh = 1 mégawatt heure = énergie produite par une centrale photovoltaïque au sol d'une puissance de 1 MWc pendant une heure
Surface : 1 ha = 1 hectare = 10 000 m²

Sites potentiels pour des centrales au sol et pour des ombrières de parking

Les enjeux liés à l'intégration paysagère des projets ne sont pas représentés sur cette carte.

Site à privilégier pour des centrales au sol

- Ancienne décharge
- Centre d'enfouissement
- Carrière
- Friche
- Cimetière

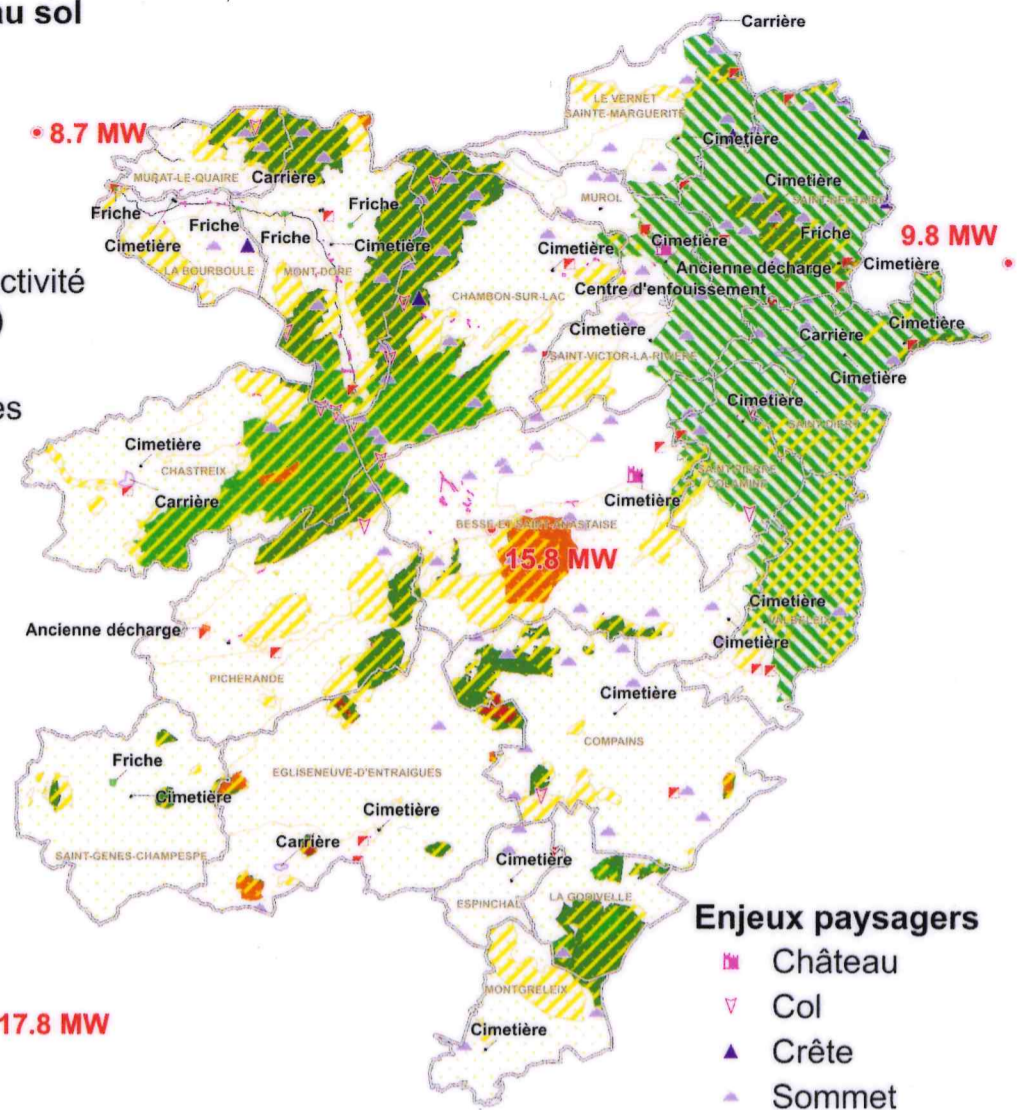
- CASIAS (ancien site industriel et activité de service, position approximative)
- Zones d'accélération proposées pour des ombrières photovoltaïques

Poste source (Juin 2024)

- Capacité d'accueil réservée à affecter (MWatts)

Protection environnementale

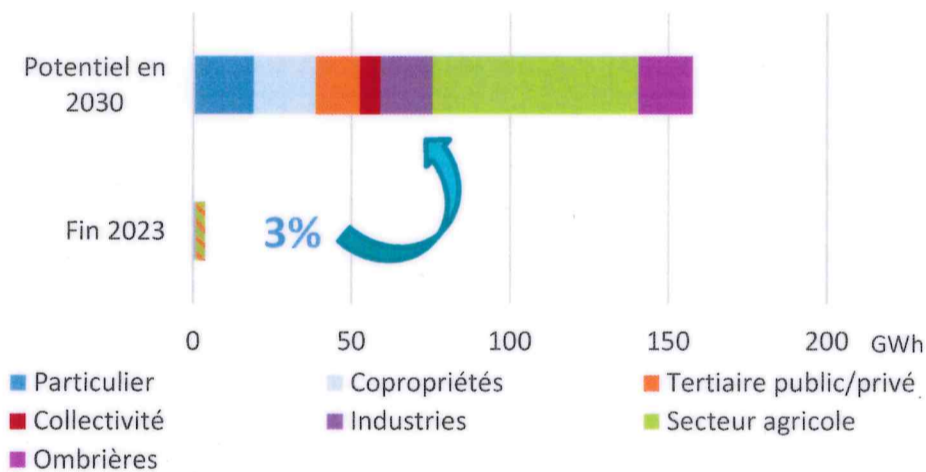
- Arrêtés de protection de biotope
- Espace naturel sensible
- Réserve naturelle nationale
- Natura 2000 SIC
- Natura 2000 ZPS
- Znieff de type 1
- Znieff de type 2



Source : IGN BDTopo, Carto Fiches, SCOT Livradois Forez, BASIAS, BASOL, Capareseau

Potentiel théorique d'installations photovoltaïques toiture et ombrières

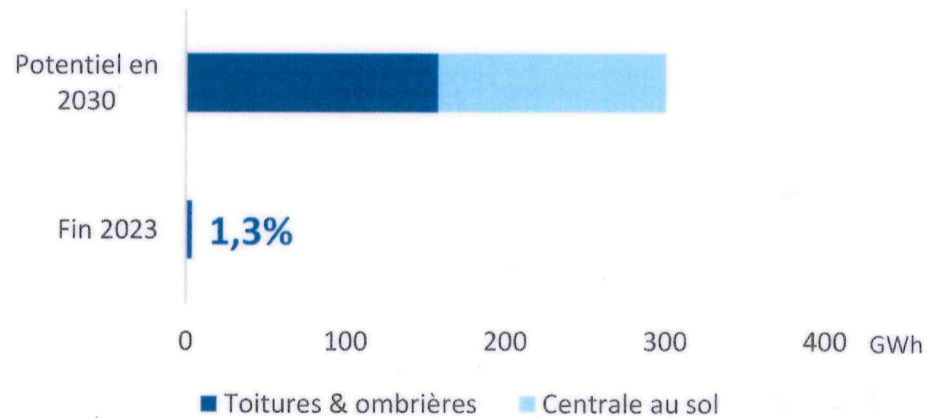
Photovoltaïque sur les bâtiments et les parkings



Seuls 3% des gisements théoriques sont actuellement valorisés sur les toitures. Les marges de manœuvre les plus importantes se situent sur les toitures agricoles, ensuite pour les autres catégories de toitures elles se répartissent assez équitablement entre les maisons et logements collectifs, les toitures industrielles et bâtiments tertiaires ainsi que les parkings.

Potentiel théorique global avec les centrales au sol

Photovoltaïque



Il n'y a pas de centrale au sol en service à fin 2024 sur le territoire. Le potentiel sur les sites déjà artificialisés représente près de 50% du potentiel total, mais il se heurte à des enjeux environnementaux et paysagers très importants.

Objectifs nationaux et régionaux

National 2023	AUVERGNE RHÔNE-ALPES 30/09/2023	CC Massif du Sancy 30/09/2023
22 700 GWh	2 580 GWh	4 GWh
x 2,86	x 2,77	x 2 ?
Objectif National 2030 (PPE projet)	AUVERGNE RHÔNE-ALPES 2030 (SRADDET)	CC Massif du Sancy PCAET 2030
65 000 GWh (24 000 GWh au sol)	7 149 GWh	8 GWh

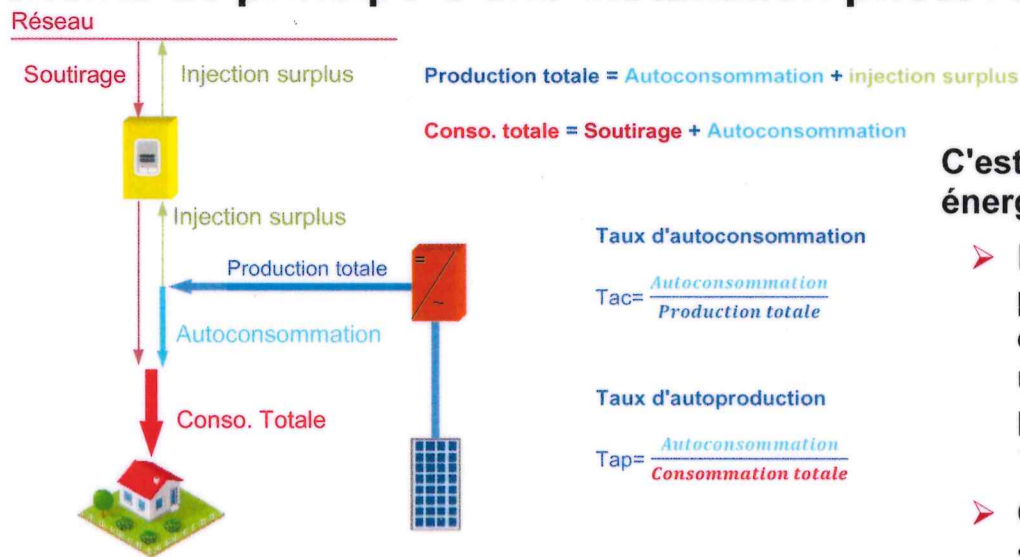
Unité : 1 GWh = 1 gigawatt heure = 1 000 MWh = 1 000 000 kWh

Intérêt du photovoltaïque

La production d'électricité à partir de l'énergie radiative du soleil par l'intermédiaire de modules photovoltaïques présente de nombreux avantages :

- la source d'énergie utilisée est renouvelable, aucune pénurie ou fluctuation des prix n'est à craindre,
- la production d'électricité est réalisée sans qu'il n'y ait aucune pièce en mouvement, ce qui entraîne des frais de maintenance excessivement faibles et une exploitation aisée (les modules sont auto-nettoyés avec la pluie),
- le processus de production d'électricité n'a aucun impact sur l'environnement (ni rejet de polluant, ni déchet, ni bruit, etc.),
- ce qui est produit est généralement consommé sur place, ce qui présente un intérêt du point de vue électrique puisque les pertes dans les câbles sont très faibles.

Schéma de principe d'une installation photovoltaïque

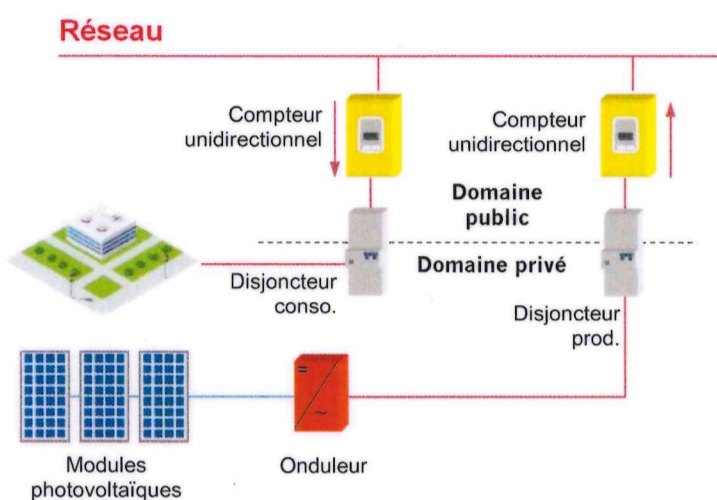


C'est bien le Taux d'autoproduction qui importe sur le plan énergétique et économique :

- Il est important qu'il soit le plus élevé, cela signifie que le système photovoltaïque couvre le maximum des besoins du site. En effet, en ne mettant par exemple que 100Wc sur une maison on atteint un taux d'autoconsommation de 100% mais de 1% seulement pour le taux d'autoproduction (pour une consommation de 10MWh/an).
- C'est le taux d'autoproduction qui permet d'estimer les économies sur les kWh soutirés au réseau.

Les différents modes de valorisation d'une installation photovoltaïque

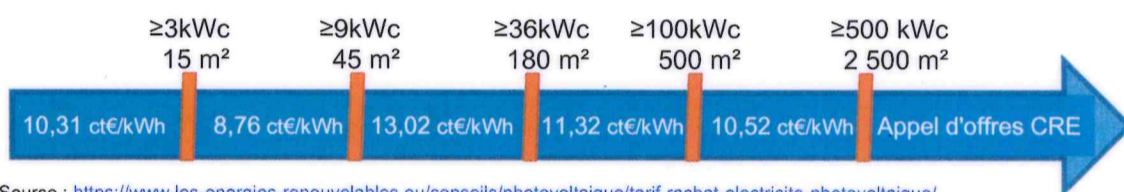
Vente en totalité



- la production photovoltaïque est complètement dissociée de la partie consommation du client,
- toute la production est injectée sur le réseau, mais les électrons se dirigent directement vers les équipements au plus proche (a priori dans le bâtiment s'il y a une consommation ou chez le plus proche voisin qui consomme),
- il y a des frais pour le deuxième compteur de production de l'énergie.

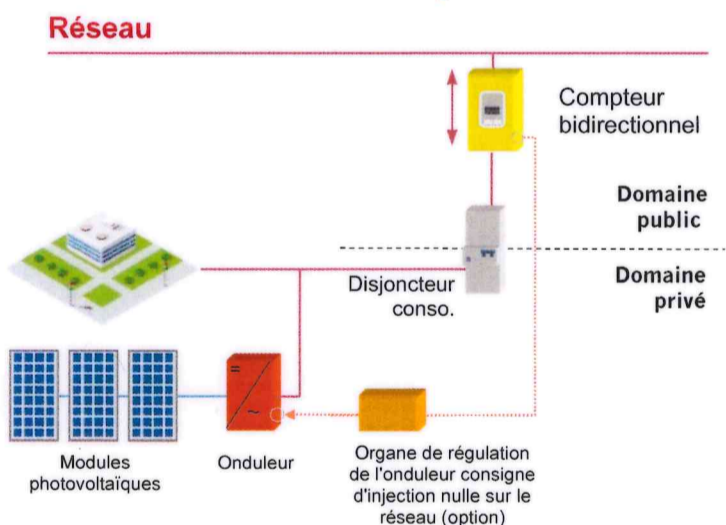
Les tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque sont modifiés tous les trois mois.

Tarif en vigueur entre le 01/11/2024 et le 31/01/2025



Source : <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/>

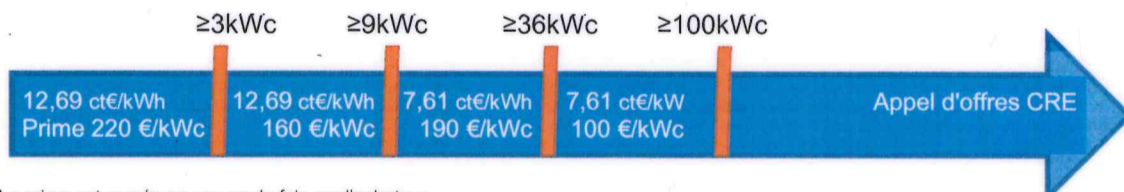
Autoconsommation et vente éventuelle du surplus



- la production photovoltaïque est en partie ou en totalité autoconsommée,
- si la production photovoltaïque excède la consommation du bâtiment, le surplus est comptabilisé par le compteur Linky et vendu à EDF ou aux Entreprises Locales de Distribution,
- lorsque le producteur s'est engagé à ne rien injecter sur le réseau, il y a alors un organe de régulation de l'onduleur qui régule la puissance de l'onduleur,
- il y a un seul compteur Linky qui se charge de comptabiliser la consommation et le surplus injecté sur le réseau.

Les tarifs d'achat de l'électricité photovoltaïque sont modifiés tous les trois mois.

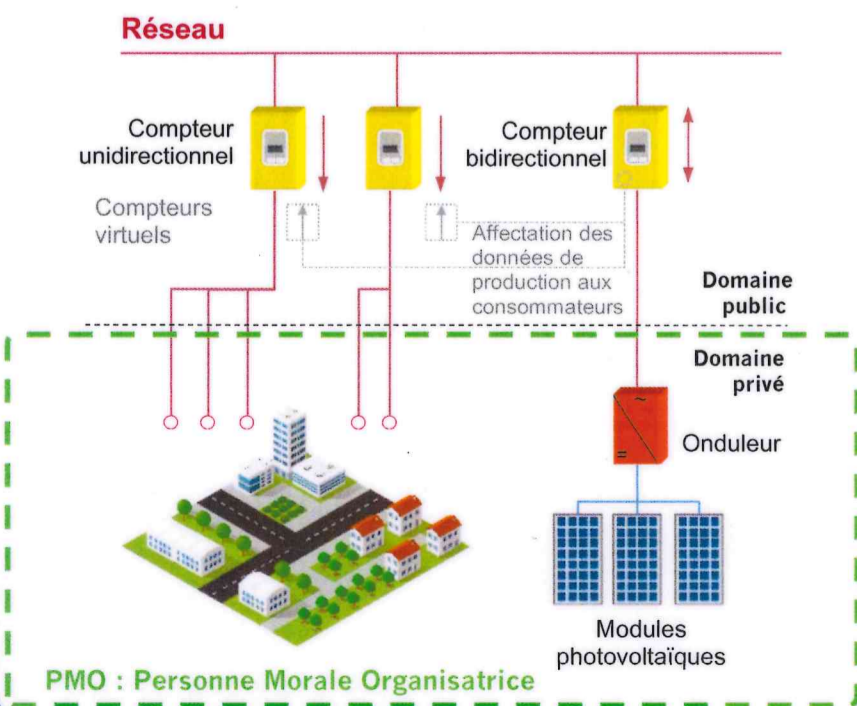
Tarif en vigueur entre le 01/11/2024 et le 31/01/2025



La prime est versée en une seule fois par l'acheteur

Source : <https://www.les-energies-renouvelables.eu/conseils/photovoltaique/tarif-rachat-electricite-photovoltaique/>

Autoconsommation collective



- suivant les profils de consommation des différents consommateurs, on définit une clé de répartition de la production photovoltaïque à chacun d'entre eux,
- les kWh injectés par la production photovoltaïque sur le réseau public sont répartis selon la clé de répartition définie : c'est le principe de compteurs virtuels,
 - **Clés de répartition statique** définies par la PMO (30% à Paul, 50% à Jean, etc.)
 - **Clés de répartition dynamique** calculée automatiquement par Enedis au prorata de la consommation de chaque participant (avantage les sites les plus consommateurs mais facile à mettre en place puisqu'il ne faut rien transmettre à Enedis).
 - **Clés de répartition dynamique simple** définies par la PMO (par exemple, la production affectée à chaque consommateur peut varier d'une période à l'autre, été/hiver ou semaine/week-end.). Il n'y a pas d'ordre de priorité par exemple pour le site qui héberge l'installation photovoltaïque.
 - **Clés de répartition full dynamique** pour flécher la production par couple producteur / consommateur. C'est à dire que chaque producteur d'une même opération peut choisir son propre ordre de priorité vers les consommateurs.
- si la production photovoltaïque excède les consommations du bâtiment, le surplus est délivré gratuitement au réseau (le gestionnaire peut imposer au producteur de ne rien injecter sur le réseau).