Observatoire régional
climat air énergie
Auvergne-Rhône-Alpes

Potentiel solaire photovoltaïque

Présentation de la méthodologie

24/10/2023

Résumé (contexte et objectifs du document) :

Dans le cadre de l'évaluation des potentiels d'énergies renouvelables, le potentiel solaire photovoltaïque (PV) a été caractérisé pour la région Auvergne-Rhône-Alpes. L'objectif de ce document est de présenter la méthodologie mise en place par Auvergne-Rhône-Alpes Énergie Environnement (AURA-EE) pour évaluer ce potentiel. Dans un premier temps, les bâtiments et parkings favorables au développement du PV sont identifiés et caractérisés (type de toit, orientation, présence de contraintes patrimoniales). Les installations de panneaux ailleurs que sur des bâtiments et parkings (par exemple des champs ou des friches industrielles) ne sont pas considérées ici. Puis, sur la base de plusieurs hypothèses, le potentiel (exprimé à la fois en puissance et en productible annuel) est calculé, notamment en fonction du rayonnement solaire, et exprimé à l'échelle communale. L'hypothèse est faite que tous les bâtiments sont équipés de panneaux photovoltaïques. En effet, les masques proches (ombrage lié aux bâtiments, à la végétation ou à la topographie locale) ne sont pas considérés ici. A chaque fois le potentiel est distingué selon les caractéristiques des zones.

A noter que la méthode ne prend pas en compte l'existant : le potentiel total est évalué et non le potentiel restant. De plus, la concurrence entre le photovoltaïque et le solaire thermique n'est pas prise en compte. Enfin, la méthodologie présentée ici est évolutive et pourra être améliorée à l'avenir.

Opéré par :

Avec le soutien de :

contact@orcae-auvergne-rhone-alpes.fr / http://orcae-auvergne-rhone-alpes.fr

Révisions du document

Mises à jour			
Version	*Date*	*Rédacteurs*	*Commentaires*
V1	12/09/2018	Vincent Wawrzyniak (AURA-EE)	
V2	18/02/2019	Vincent Wawrzyniak (AURA-EE)	
V3	20/09/2022	Vincent Wawrzyniak (AURA-EE)	Différences par rapport à la V2 : - Intégration des données Open Street Map (OSM) pour les parkings. - Actualisation de certains jeux de données (BD TOPO®, irradiation solaire de PVGIS). - Mise à jour et modification des contraintes patrimoniales. Mise au périmètre des communes INSEE au 1 janvier 2020.
V4	24/10/2023	Vincent Wawrzyniak (AURA-EE)	Différences par rapport à la V3 : - Modification des catégories de surfaces des parkings au vu de la nouvelle réglementation (loi APER - solarisation des parkings) Mise au périmètre des communes INSEE au 1 janvier 2023.

Table des matières

1 Zones favorables au développement du solaire PV 4
2 Caractéristiques des zones 5
2.1 Type de toit et orientation 5
2.2 Contraintes patrimoniales 5
3 Calcul de la puissance et de la production 6
4 Estimation du potentiel 8

1 ZONES FAVORABLES AU DEVELOPPEMENT DU SOLAIRE PV

La première étape consiste à identifier les zones où il est possible d'installer des panneaux photovoltaïques. On considère cela possible sur les bâtiments dont la surface est supérieure à 50 m² ainsi que sur les parkings (ombrières). Les installations de panneaux ailleurs que sur des bâtiments et parkings (par exemple des champs ou des friches industrielles) ne sont pas considérées dans cette étude.

La BD TOPO® de l'IGN (Version Juin 2021) est utilisée pour identifier les bâtiments. On retrouve ainsi les éléments suivants :

- Bâtiments agricoles
- Bâtiments sportifs et tribunes
- Bâtiments commerciaux et liés aux services
- Bâtiments industriels
- Bâtiments résidentiels individuels (avec un seul logement)
- Bâtiments résidentiels collectifs (avec plusieurs logements)
- Bâtiments indifférenciés et autres

Les bâtiments indifférenciés correspondent principalement à des bâtiments résidentiels. On répartit ces bâtiments entre bâtiments résidentiels individuels et bâtiments résidentiels collectifs. Cette distinction est fondée sur deux critères : la hauteur et la surface. Ainsi, les bâtiments d'une superficie supérieure à 1000 m² ou d'une hauteur supérieure ou égale à 9 m sont considérés comme collectifs. Les seuils pour ces deux critères ont été choisis de façon empirique.

La BD TOPO® ne contient pas l'ensemble des parkings, notamment les plus petits (plus précisément, elle ne contient pas les parkings publics de moins de 25 places, les parkings associés à un service de transport de moins de 100 places et les parkings privés de moins de 5000m²). Pour les parkings, le choix s'est porté sur le projet collaboratif de cartographie en ligne OpenStreetMap (OMS). « OpenStreetMap fournit les données cartographiques pour des milliers de sites web, d'applications mobiles et d'appareils. OpenStreetMap est bâti par une communauté de cartographes bénévoles qui contribuent et maintiennent les données des routes, sentiers, cafés, stations ferroviaires et bien plus encore, partout dans le monde. » (https://www.openstreetmap.org/about). Les données OSM sont récupérées à l'aide du package R osmdata basé sur l'API Overpass. Uniquement les données OSM relatives aux parkings sont utilisées. Ces derniers sont classés en 4 catégories :

- Parking < 500 m²
- Parking de 500 à 1500 m²
- Parking de 1500 à 10000 m²
- Parking > 10000 m²

Ce travail à l'échelle régionale ne tient pas compte des masques proches (ombrage lié aux bâtiments, à la végétation ou à la topographie locale). Par conséquent, l'ensemble des bâtiments et parkings est ainsi considéré comme favorable au développement du solaire. Les masques lointains (montagnes) sont eux considérés. Ils sont intégrés dans les données d'ensoleillement (cf. partie 3) avec un modèle de surface d'une résolution spatiale d'environ 90 m.

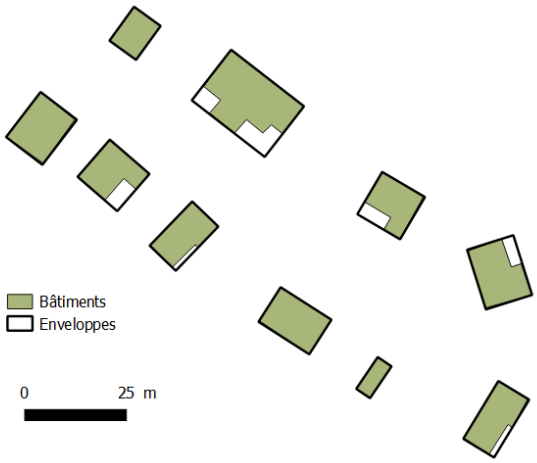
2 CARACTERISTIQUES DES ZONES

Chacune des zones où il est possible d'installer des panneaux photovoltaïques est notamment caractérisée par deux critères : son type de toit (et potentiellement son orientation) et l'éventuelle présence de contraintes patrimoniales.

2.1 TYPE DE TOIT ET ORIENTATION

En fonction du type de bâtiment, un type de toit est défini. Il est ainsi considéré que les bâtiments industriels, commerciaux, liés aux services et sportifs, ainsi que les tribunes possèdent un toit plat. Bien qu'ils ne possèdent pas de toit, les parkings sont également considérés comme plats.

A l'inverse, il est considéré que les bâtiments agricoles et résidentiels (individuels et collectifs), ainsi que les bâtiments indifférenciés et autres possèdent présentent un toit pentu. Pour ceux-ci, il est nécessaire de caractériser leur orientation. La méthode utilisée pour déterminer cette dernière est décrite ci-après. Une enveloppe rectangulaire est créée autour des bâtiments (cf. ci-dessous). Le côté le plus long de ce rectangle est utilisé pour établir la direction du faitage du toit (angle d'orientation). Une forme de toit relativement simple est considérée : 2 pans de même superficie orientés vers des directions opposées avec une inclinaison de 30°.



2.2 CONTRAINTES PATRIMONIALES

La présence de contraintes patrimoniales peut limiter l'implantation de panneaux solaires. Les zones à proximité de ces contraintes ne sont pas exclues de l'analyse mais il a été choisi de les indiquer. Il est ainsi possible de distinguer le potentiel correspondant aux zones sans contraintes de celui correspondant aux zones avec contraintes. Les zones de contraintes patrimoniales retenues sont les suivantes :

- Sites patrimoniaux remarquables (SPR) AC4
- Sites historiques classés
- Sites historiques inscrits
- Directive paysagère (paysages du Salève)
- Protection au titre des abords de monuments historiques AC1

3 CALCUL DE LA PUISSANCE ET DE LA PRODUCTION

L'étape suivante consiste à estimer les puissance et production annuelle solaires photovoltaïques potentielles pour chacune des zones. Le potentiel est ainsi exprimé en unité énergétique à la fois en puissance (W) et en productible annuel (kWh).

Les formules suivantes sont utilisées :

$$\text{Puissance (W)} = \text{s (m}^2\text{)} \times \text{IS (W/m}^2\text{)} \times \text{E} \times f_{corr} \times \text{r}$$

$$\text{Production annuelle (kWh)} = \text{s (m}^2\text{)} \times \text{IS (kWh/m}^2\text{)} \times \text{E} \times f_{corr} \times \text{r}$$

Avec :

- s la surface utile de panneaux :
  - Bâtiments :
    - Pour les toits pentus, il est considéré qu'un seul pan de toit peut être équipé (celui orienté vers le sud).
    - Pour les toits plats, il est également considéré qu'uniquement la moitié de la surface est installable. En effet, les panneaux y seront installés avec une inclinaison de 30° ce qui entrainera de l'ombrage s'ils sont trop rapprochés et donc l'impossibilité d'équiper toute la surface du toit.
    - Un encombrement (fenêtres, cheminées, éléments architecturaux…) de 30% est considéré pour les bâtiments.
    - L'inclinaison de 30° implique que ce n'est pas la surface au sol qu'il faut considérer pour la production solaire mais cette surface au sol divisée par le cosinus de l'angle d'inclinaison.
    - Pour les bâtiments la surface utile est calculée de la façon suivante :

$$s = \frac{surface\ (toit)}{2\ \times \cos(30°)} \times 0{,}7$$

  - Parkings :
    - Les ombrières sont en général espacées pour laisser de la place à la circulation des voitures entre les places de parking. Un coefficient d'utilisation de surface (CUS) de 50 à 60% est généralement retenu. Ce coefficient correspond à la surface de panneaux divisée par la surface du parking.
    - Pour les parkings la surface utile est calculée de la façon suivante :

$$s = surface\ (parking) \times 0{,}55$$

- IS l'irradiation solaire (W/m²ou kWh/m²). Pour ces données, il est important de tenir compte des principales zones de relief (masques lointains) et des phénomènes météorologiques. Deux services ont été identifiés : PVGIS et Météo France. Le premier étant gratuit, le second payant. Le choix s'est donc porté vers PVGIS[1] (Photovoltaic Geographical Information System). La moyenne annuelle sur la période 2005-2016 et pour une surface inclinée de façon optimale (ce qui correspond environ à l'inclinaison de 30° considérée) est utilisée. Ces données sont issues de la *National Solar Radiation*

[1]PVGIS © European Communities. http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis.html

Database (NSRDB) développé par le *National Renewable Energy Laboratory* (NREL). Les données PVGIS sont exprimées en W/m² et tiennent compte du jour et de la nuit. Pour le calcul du productible annuel, elles sont donc converties en kWh/m² en multipliant la valeur de PVGIS par 8,766 (365,25 x 24 / 1000). Les valeurs d'irradiation sont disponibles sous la forme d'un raster de résolution de 90m. Toutefois, l'irradiation est modélisée à une maille de 12 x 12 km.

- E l'efficacité. Elle varie généralement entre 12 et 20% (source photovoltaique.info[2]). Elle est fixée, à dire d'experts, à 16%, ce qui correspond à 160 Wc/m².

- f_{corr} le facteur de correction en fonction de l'orientation. Pour tous les types de toit, l'inclinaison étant fixée à 30°, ce facteur varie entre 0,9 et 1 selon l'orientation (source Hespul[3]) :
    - Sud : 1,00
    - Sud-Est ou Sud-Ouest : 0,96
    - Est ou Ouest : 0,90

  Le facteur de correction est défini en fonction de l'angle d'orientation du bâtiment. Par exemple, un bâtiment avec une direction du faitage du toit orientée NO-SE aura un pan de toit orienté vers le SO et donc un facteur de correction de 0,96.

  Pour les toits plats il est considéré que les panneaux y seront installés avec une inclinaison de 30°. Un facteur de correction de 1 est donc retenu.

- r le rendement du système photovoltaïque (pertes onduleur, température, câble…). On retiendra par convention un rendement de 75%.

[2] https://www.photovoltaique.info/fr/realiser-une-installation/choix-du-materiel/caracteristiques-des-panneaux-photovoltaiques/performance-des-modules-photovoltaiques/
[3] http://accompagnement-projets.hespul.org/particuliers/utiliser-les-energies-renouvelables/solaire-photovoltaique/techniques-8/

4 ESTIMATION DU POTENTIEL

Les productions solaires photovoltaïques de chacun des bâtiments et parkings sont agrégées à l'échelle de la commune. Pour une commune, il est ainsi possible d'avoir son potentiel solaire photovoltaïque en puissance (W) et en productible annuel (kWh) ventilé par type de bâtiments et de parkings, par type d'orientation et selon la présence ou non de contraintes patrimoniales. Il est par exemple possible d'identifier le potentiel solaire photovoltaïque des bâtiments résidentiels collectifs orientés vers le sud où il n'y a pas de contraintes patrimoniales.

Notons que la méthodologie ne tient pas en compte des installations photovoltaïques existantes. Le potentiel solaire photovoltaïque évalué correspond ainsi au potentiel total et non au potentiel restant. La méthodologie ne tient également pas compte de la structure du toit. En fonction de l'état ou des matériaux, ces derniers peuvent être équipables ou non. Sur l'ensemble des bâtiments, une proportion importante de toits est non équipable.

Notons également que les données diffusées sont converties en kW et en MWh et sont arrondies à l'unité. Toutefois, les chiffres significatifs des données ne préjugent pas du niveau de précision.