

Projet G2-SOLAIRE

Cadastre solaire du Grand Genève : Plateforme collaborative pour une appropriation et un développement de l'énergie solaire

**Autoconsommation du solaire photovoltaïque sur le Grand Genève.
Rapport technique et explicatif sur la méthode et les hypothèses de
calcul utilisées pour élaborer l'interface Web du cadastre solaire.**

Sommaire

1. Introduction
2. Présentation de l'interface Web du cadastre solaire
3. Approche méthodologique – autoconsommation du solaire PV
4. Couches spatiales SITG, métadonnées et mises à jour

1. Introduction

Rappel des objectifs du projet G2-Solaire

Le projet G2 Solaire a été réalisé entre nov. 2018 et avril 2022, dans le cadre d'un partenariat français et suisse. Il avait pour **objectif**:

- Intensifier l'usage de l'énergie solaire à l'échelle du Grand Genève,
- Générer des activités économiques autour de la filière solaire,
- Contribuer *in fine* à atteindre les objectifs de transition énergétique dans un contexte de densification urbaine.

Il a été réalisé autour de deux **volets**:

- Volet technique : collaboration académique transfrontalière pour l'élaboration d'un cadastre solaire à la pointe de l'innovation à l'échelle du Grand Genève.
- Volet institutionnel : dissémination et appropriation du cadastre solaire auprès des acteurs cibles dans la région.

Le volet technique a permis de développer une **nouvelle interface Web**, permettant un usage public du cadastre solaire, intégrant des fonctions interactives et simulant le **potentiel d'autoconsommation du solaire PV** par bâtiment du Grand Genève.

Le présent rapport traite uniquement du solaire PV. Le **potentiel solaire thermique** a été calculé lors de l'extension du cadastre solaire sur le Grand Genève (les couches par bâtiment sont disponibles sur le SITG). Il sera intégré à l'interface Web lors d'une prochaine mise jour.

Elaboration du potentiel d'autoconsommation

- Le potentiel d'autoconsommation s'appuie tout d'abord sur **l'élaboration d'une base de données spatiale à l'échelle des bâtiments** (environ 265'000 sur le Grand Genève). Cette base de données permet de pré-calculer pour chaque bâtiment le potentiel selon une rentabilité économique optimale (minimisant le temps de retour sur investissement). Elle s'appuie sur les données du cadastre solaire, les données de consommation électrique et thermique soit fournies (SITG, SIG, ENEDIS), soit estimées selon les caractéristiques du bâtiment (surface, usage) et standards de consommation, et les courbes de charge horaires.
- La fiabilité de l'estimation du potentiel étant toute relative, dépendante des données sources (notamment si les consommations électriques sont connues ou non), l'objectif est de permettre à l'utilisateur, via **l'Interface Web**, de fournir des informations de consommation sur son bâtiment, ce qui permet d'affiner l'estimation du potentiel.

Notions et définitions

- **L'autoconsommation** consiste à consommer directement dans le bâtiment le courant solaire PV produit en toiture/façade et revendre ensuite au réseau le courant produit en surplus.
- Dans les logements collectifs, l'autoconsommation peut se faire soit uniquement sur les **communs** d'immeuble soit également sur les **ménages**, impliquant un regroupement de consommateurs.
- Le calcul de l'autoconsommation consiste en un bilan horaire, voire au quart d'heure, entre la part du courant solaire autoconsommée et celle revendue au réseau, en recourant à des **courbes de charges propres** à chaque type d'usage.
- L'autoconsommation est améliorée en cas d'utilisation de l'électricité pour le chauffage et l'eau chaude (idéalement via une PAC) et les véhicules électriques.
- **La rentabilité économique** (pouvant être exprimée en temps de retour sur investissement) dépend principalement du tarif de rachat de l'électricité solaire non consommée dans le bâtiment. Ce tarif dépend du fournisseur de l'électricité et varie d'un lieu à l'autre du Grand Genève. Lorsque le tarif est avantageux, comme c'est le cas à Genève, la rentabilité économique sera bonne même en cas d'installation solaire surdimensionnée par rapport aux besoins électriques du bâtiment et donc de faible taux de consommation propre (encourageant ainsi les propriétaires à installer une large partie de leur toiture). Au contraire, lorsque le tarif de rachat est moins avantageux, une bonne rentabilité économique passera par une maximisation du taux de consommation propre (en n'installant qu'une partie de la toiture, en remplaçant la chaudière par une PAC et en utilisant une voiture électrique, ou encore en recourant aux batteries de stockage).₆

Acronymes

- ADEME: Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
- CC: courbe de charge
- EGID: identifiant suisse des bâtiments
- GG: Grand Genève
- NOGA: nomenclature générale des activités économiques, Genève
- OFEN: Office fédéral de l'énergie
- Qh: indice utile de chauffage (MJ ou kWh/m²/an)
- Qww: indice utile d'eau chaude sanitaire (ECS) (MJ ou kWh/m²/an)
- Qel: indice de consommation électrique (MJ ou kWh/m²/an)
- PAC: pompe à chaleur
- PV: photovoltaïque
- SIA: Société suisse des ingénieurs et architectes (auteur des normes des bâtiments)
- SITG: Système d'information du territoire genevois
- SIG: Services industriels de Genève
- SRE: surface de référence énergétique (surface de plancher chauffée, déterminante pour le calcul des besoins énergétiques)
- UNIGE: Université de Genève

2. Présentation de l'interface Web du cadastre solaire

De l'interface V1 à la V2

Une première version d'interface (V1) a été développée en 2019 au début du projet G2 Solaire, en se basant sur le même modèle développé pour le Canton de Genève. La nouvelle version (V2) permet un usage plus interactif avec l'utilisateur et donne la possibilité de simuler le potentiel d'autoconsommation du courant solaire par bâtiment.



Interface V1 étendu au GG (2019)
Potentiel global
Usage «statique»
Seuil minimum d'irradiation >1000
kWh/m².an

Interface V2 (mai 2022)
Potentiel optimisé selon
autoconsommation
Usage «dynamique», interactif
Seuil minimum d'irradiation >800
kWh/m².an

Interface V2

Accueil



CADASTRE
SOLAIRE DU
GRAND GENÈVE





+

-



Accueil



Le solaire



Données



Qui sommes nous

Bienvenue sur le site du cadastre solaire du Grand Genève

- Vous souhaitez produire vous-même votre énergie ?
- Vous voulez une production d'énergie respectueuse de l'environnement ?
- Un approvisionnement énergétique plus autonome est important pour vous ?

Estimez, en 3 clics, le potentiel de production d'énergie solaire photovoltaïque ou thermique.

Le cadastre solaire du [Grand Genève](#) estime le potentiel mensuel et annuel de production énergétique solaire (thermique et électrique) sur les toitures des bâtiments de l'ensemble de l'agglomération franco-valdo-genevoise d'une superficie d'environ 2000 km² (Canton de Genève, District de Nyon, Pôle métropolitain du genevois français).

Actualités

En vue d'améliorer les fonctionnalités du cadastre solaire qui vous est proposé et de continuer à le développer, nous vous remercions de prendre 5 minutes pour répondre au [QUESTIONNAIRE](#) en ligne.








REPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENÈVE

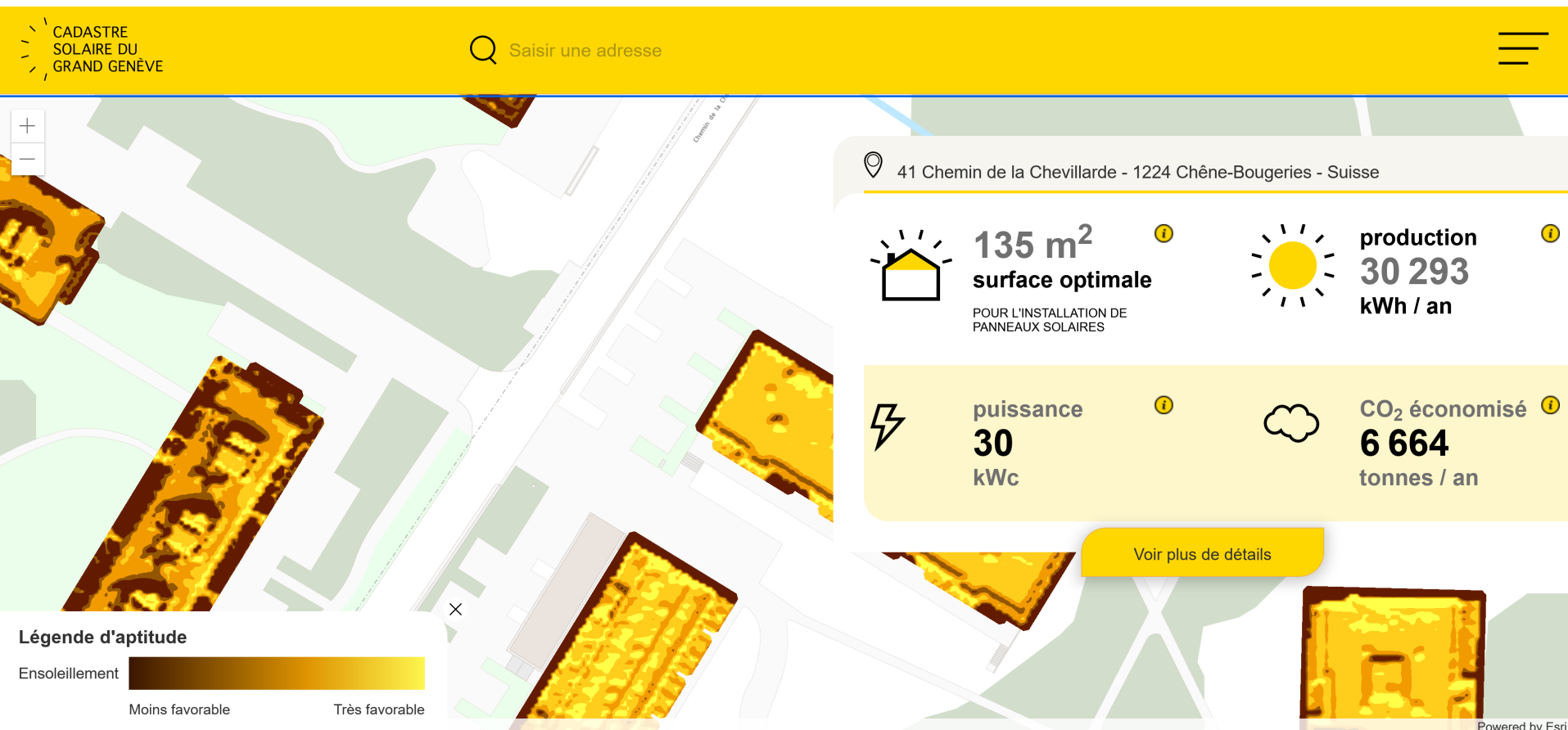
Légende d'aptitude

Ensoleillement

Moins favorable Très favorable

Interface V2

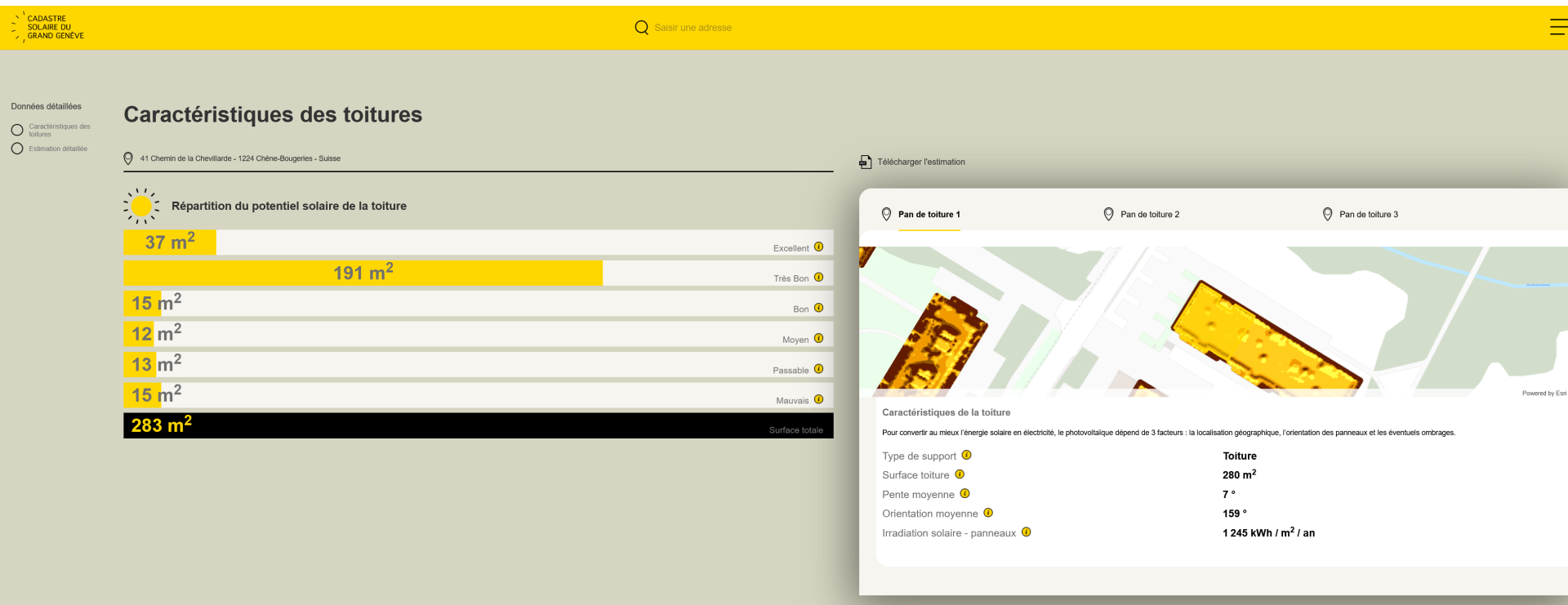
Données clé



Données globales d'entrée au premier clique sur le bâtiment
 Indicateurs selon un optimum économique (revenu annuel maximum lié à
 l'autoconsommation = gains annuels - annuités)

Interface V2

Répartition potentiel solaire - toiture



Données détaillées (géométrie, irradiation) par pan de toiture (droite) uniquement pour Genève et Vaud (le cadastre de toitures n'étant pas disponible pour la partie française).

Répartition du potentiel solaire (niveau d'irradiation) sur les toitures du bâtiments (gauche).

Interface V2

Estimation détaillée: vente totale

3 modules:

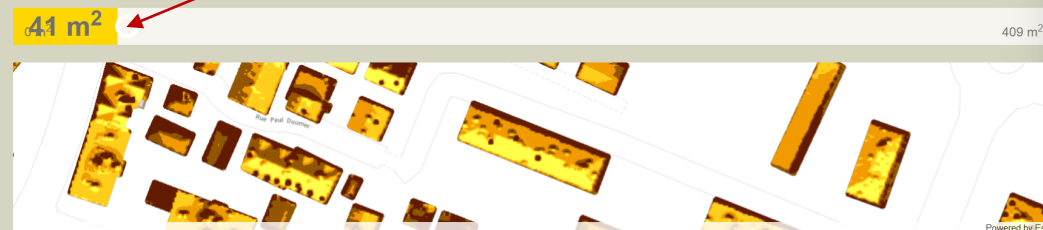
- vente totale,
- Autoconsommation (par défaut)
- solaire thermique à venir prochainement

Estimation détaillée

Curseur sur la surface de panneau solaire
(en bougeant le curseur, les données se mettent à jour online)

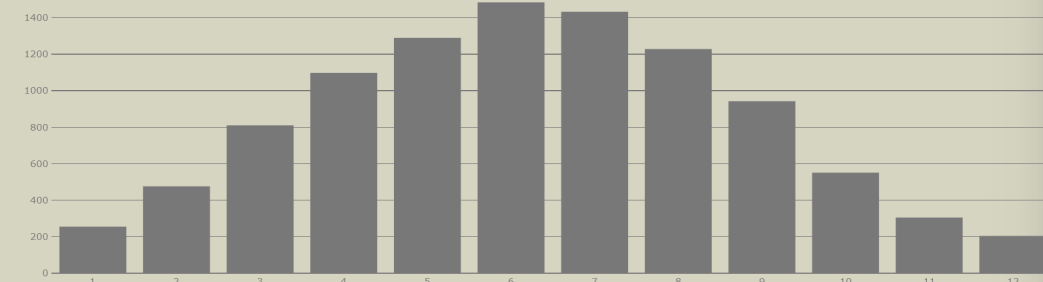
11 Rue Henri Dunant - 74100 Ville-la-Grand - France

Répartition du potentiel solaire de la toiture



Minimal Optimal

Production électrique mensuelle (kWh)



Télécharger l'estimation

Vente totale

Autoconsommation

Solaire thermique

Estimations énergétiques et économiques

Données énergétiques

Puissance ⓘ
9
kWc

Production ⓘ
10 074
kWh / an

Émissions CO₂ ⓘ
2 216
économisées (tCO₂ / an)

Données économiques

Investissement brut ⓘ
15 763
€

Frais de maintenance ⓘ
158
€ / an

Gains annuels ⓘ
940
€ / an

Annuités ⓘ
1 097
€ / an

Temps de retour / investissement ⓘ
58 ans

Pour aller plus loin :
[Calculer le coût du raccordement avec Enedis](#) >

Si France: renvoi à l'API Enedis pour évaluer le coût
raccordement

La revente totale est un modèle financier qui consiste à revendre la totalité du courant produit au fournisseur d'énergie. Ce modèle est peu rentable dans la mesure où le tarif de rachat du courant solaire est nettement inférieur au tarif d'achat sur le réseau électrique.

Interface V2

Estimation détaillée: autoconsommation (1)

Estimation détaillée

11 Rue Henri Dunant - 74100 Ville-la-Grand - France

Télécharger l'estimation

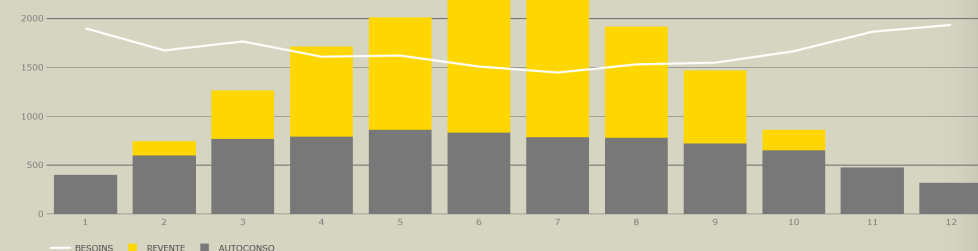


Répartition du potentiel solaire de la toiture



Minimal Optimal

Bilan électrique mensuel (kWh)



Vente totale

Autoconsommation



Estimations énergétiques et économiques



Données énergétiques

Puissance ⓘ

14

kWc

Production ⓘ

15 725

kWh / an

Émissions CO₂ ⓘ

3 459

économisées (tCO₂ / an)

Part de consommation propre ⓘ

50,82%



Données économiques

Investissement ⓘ

22 065

€

Subventions ⓘ

2 880

€ / an

Frais de maintenance ⓘ

221

€ / an

Annuités ⓘ

1 747

€ / an

Temps de retour / investissement ⓘ

19 ans

Gains annuels ⓘ

1 589

€ / an



Pour affiner votre estimation

Usage du bâtiment

Consommation électrique

☐ Je connais ma consommation électrique ⓘ Saisir : conso kWh / € ⓘ

Principe:

- Données de base pré-calculés
- Bilan mensuel de la part solaire autoconsommée, de la part revendue au réseau, des besoins électriques (*affichage des besoins uniquement estimés et non pas donnés par les fournisseurs pour respecter la confidentialité des données, en revanche les besoins connus sont utilisés pour effectuer le calcul de l'autoconsommation*).
- Mise à jour online en modifiant le curseur
- Et/ou en fournissant des informations et données via le formulaire (cf. dia suivant)

Formulaire



Pour affiner votre estimation

Usage du bâtiment Logement collectif

Consommation électrique

☒ Je connais ma consommation électrique 10000

☐ Nombre d'occupants Saisir : Nb personnes

Autres usages de l'électricité

☒ J'ai une pompe à chaleur

Je connais sa consommation annuelle spécifique

☒ oui 3000

☐ J'ai un chauffage électrique direct

Je connais sa consommation annuelle spécifique

☐ oui Saisir : conso kWh / €

☐ J'ai un chauffe-eau électrique

Je connais sa consommation annuelle spécifique

☐ oui Saisir : conso kWh / €

☒ J'ai une voiture électrique

Je connais sa consommation annuelle spécifique

☒ oui 15000

Autoconsommation sur les communes ou les ménages

Je souhaite calculer l'autoconsommation sur :

☒ L'immeuble entier

☐ Les ménages uniquement

☐ Les communes de l'immeuble uniquement

En France: préciser
l'affectation des bâtiments
«indifférenciés»

Fournir sa consommation totale
(incluant poste chauffage électrique)
soit directement, soit via le nombre
d'habitants (si logement)

☐ non Préciser si chauffage ou production
électrique soit via PAC soit
directement, fournir la consommation
connue (sinon sur base estimée).

☒ non

☒ non Préciser si usage de voiture électrique
et estimer la consommation (selon
modèle voiture et km/année)

☐ non

Dans le cas de logements collectifs,
préciser si calcul autoconsommation
sur immeuble entier (par défaut) ou de
façon distincte sur ménages ou
communs



Estimations énergétiques et économiques



Données énergétiques

Puissance
14
kWc

Production
15 725
kWh / an

Émissions CO₂
3 459
économisées (tCO₂ / an)

Part de consommation propre
74,93%



Données économiques

Investissement
22 065
€

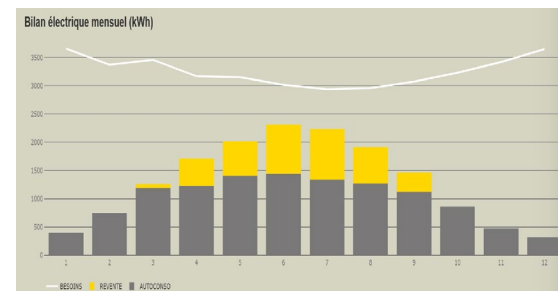
Subventions
2 880
€ / an

Frais de maintenance
221
€ / an

Annuités
2 128
€ / an

Temps de retour /
investissement
14 ans

Gains annuels
1 970
€ / an

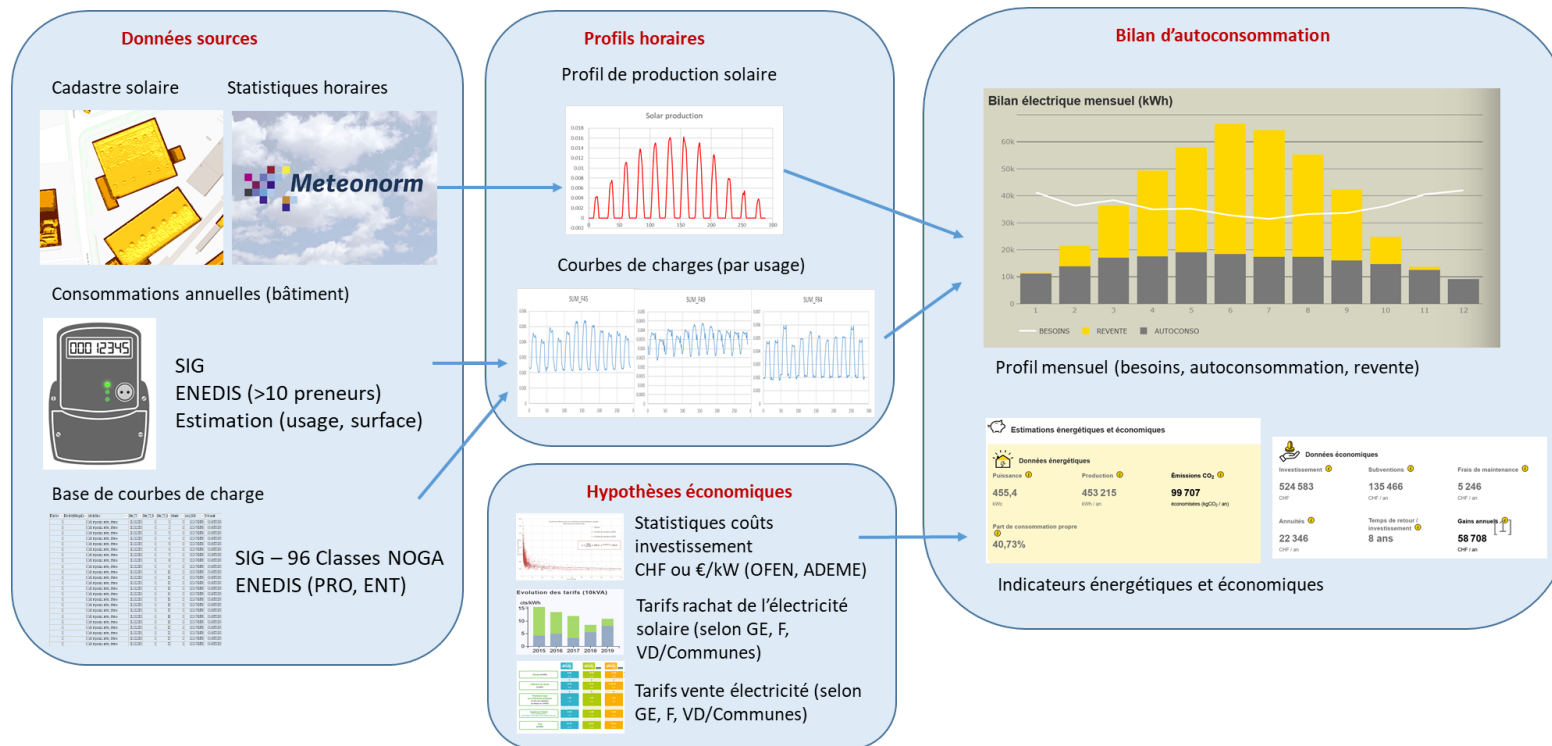


Mise à jour des données online
selon données fournies par usager

3. Approche méthodologique – autoconsommation du solaire PV

Vue d'ensemble

Le schéma ci-dessus donne une vue d'ensemble du processus conduisant à évaluer le potentiel d'autoconsommation du solaire PV sur un bâtiment.



Données sources :

- Irradiation solaire fournie par le cadastre et sa répartition horaire en utilisant Meteonorm.
- Données de consommation électrique fournies par SIG et ENEDIS ou alors données cadastrales des bâtiments permettant d'estimer les consommations
- Profils typiques de charge des logements ou par type d'activités (classes NOGA – SIG)

- Répartitions horaires de la production solaire et de la consommation électrique (profils)
- Paramètres économiques: statistiques OFEN et ADEME sur les coûts d'installation, données tarifaires (achat, revente, subvention) sur les lieux géographiques

Interface Web du cadastre solaire:

- Bilan mensuel des besoins électriques, de la revente du courant solaire et de la consommation propre.
- Indicateurs technico-économiques par bâtiment.

Données d'entrée

Genève:

- Les activités sont référencées par les Services industriels de Genève (SIG) selon 96 classes NOGA pour le comptage de l'électricité.
- Un projet de recherche UNIGE – SIG (Electrowatt) a permis d'élaborer des **courbes de charge** - CC (répartition horaire de la consommation électrique) pour chaque classe NOGA.
- On y inclut également les CC propres aux ménages (200) et communs d'immeuble (201).
- Au final par EGID, les SIG fournissent les consommations électriques réparties par classe NOGA.

France:

- ENEDIS fournit les consommations électriques par adresse lorsque > 10 preneurs (logements collectifs, activités);
- ENEDIS fournit des CC par type d'affectation, 4 représentatives ont été retenues:
 - RES_1 (petit résidentiel <6 kVa),
 - RES_11 (grand résidentiel >6 kVa),
 - PRO1 (activités tertiaires),
 - ENT1 (entreprises)

Vaud:

- Pas de données à ce jour, ni consommation, ni courbe de charge

Données d'entrée

Genève

- SIG (via UNIGE):
 - Cons. élec. totales par EGID
 - Cons. élec. par classe NOGA
 - Cons. élec. par ménage et commun
 - Courbes de charge (NOGA, logements)
 - SRE, classe SIA, besoins thermiques mesurés ou estimés (ATLAS/ENERLAB)
- SITG:
 - CAD_BAT_HORSOL (champ: 'Destination')

France

- ENEDIS:
 - Cons. élec. adresses > 10 preneurs
 - Courbes de charges: logements, activités, industries
- SITG Agglo:
 - RTGE_Batiment_Agglo (champs: 'Nature_Soc', estimation SRE)

Vaud

- OIT:RCB_Batiment (champs: Classe affectation, Classe agent chauffage-eau chaude, estimation SRE)
- DIREN: cadastre thermique (Besoins Chauff, ECS)

Données générales

- Norme SIA:
 - 380/1: classes d'affectation SIA (12)
- Meteonorm:
 - Répartition horaire de l'irradiation solaire annuelle

Cadastre solaire

- SITG:
 - Irradiation solaire brute raster
 - MNT, MNS
 - RTGE_Batiment_Agglo

Classes NOGA des activités (SIG)

ID NOGA	Description NOGA
1	Cult. et produc. anim., chasse
2	Sylviculture et exploitation forestière
3	Pêche et aquaculture
7	Extr. de minerais metall.
8	Autres ind. extractives
9	Service de soutien aux ind. extr.
10	Industries alimentaires
11	Fabrication de boissons
12	Fabrication de produits a base de tabac
13	Fabrication de textiles
14	Industrie de l'habillement
15	Ind. du cuir et de la chaussure
16	F. d'art. en bois et van.
17	Ind. du papier et carton
18	Imprim. et reprodu. d'enregistrements
19	Cokefaction et raffinage
20	Industrie chimique
21	Industrie pharmaceutique
22	F. de prod. en plastique
23	F. d'a. prod. min. n. metall.
24	Metallurgie
25	F. de prod. metall., a l'exc. des mach.
26	F. de prod. inform. et electro.
27	Fabrication d'equipements electriques
28	F. de mach. et equipements n.c.a.
29	Industrie automobile
30	F. d'autre materiels de transport
31	Fabrication de meubles
32	A. industrie manufact.
33	Rep. de mach. et d'eq.
35	Produc. et distr. d'electr.
36	Captage, trait. et distribution d'eau
37	Trait. des eaux usees
38	Collecte, et elimination des dechets
39	Depol. et a. s. de gestion des dechets
41	Construction de bâtiments
42	Genie civil
43	Travaux de construction specialises
45	Com. et rep. d'auto. et moto.
46	Com. de gros., (exc. auto. et moto.)
47	Com. de det. (a l'exc. des auto., moto.)
49	Transp. terr. et transp. par cond.
50	Transports par eau
51	Transports aeriens
52	Entrep. et s. auxiliaires. des transp.
53	Activ. de poste et de courrier

55	Hebergement
56	Restauration
58	Edition
59	Produc. de films cinema.
60	Programmation et diffusion
61	Telecommunications
62	Program., conseil et autres act. inform.
63	Services d'information
64	Activ. des services financiers
65	Assurance
66	Activ. aux. de services fin. et d'ass.
68	Activites immobilières
69	Activites juridiques et comptables
71	Activ. de contrôle et analyses techn.
72	R&D scientifique
73	Publicite et etudes de marche
74	Autres activites spec., scient. et tech.
75	Activites veterinaires
77	Activites de location
78	Activites liees a l'emploi
79	Activ. des ag. de voyage
80	Enquêtes et securite
81	S. relatifs aux bâtiments
82	Activ. admin. et de soutien aux entrep.
84	Adm. publique et defense
85	Enseignement
86	Activ. pour la sante humaine
87	Hebergement medico-social et social
88	Act. sociale sans heberg.
90	Activ. creatives, artist. et de spect.
91	Bibli., arch., musees et a. activ. cult.
92	Org. de jeux de hasard et d'argent
93	Activ. sportives et de loisirs
94	Activites des organisations associatives
95	Rep. d'ordi. et de biens pers.
96	A. services personnels
200	Ménages
201	Communs d'immeubles

Les SIG fournissent des CC pour chaque classe NOGA ainsi que pour les logements (ménages et communs). Le calcul de la charge horaire consiste à répartir la consommation annuelle par heure selon la courbe de charge.

Les bâtiments peuvent être affectés à différentes affectations ou usages. La consommation horaire par bâtiment est alors une somme pondérée des consommations sur les n usages:

$$C_{h_tot} = CC_{h_1} * C_{a_1} + CC_{h_2} * C_{a_2} + CC_{h_n} * C_{a_n}$$

Avec:

C_{h_tot} : consommation horaire totale toute affectation du bâtiment

CC_{h_1} : contribution horaire de la consommation annuelle selon la CC pour l'affectation 1 (%)

C_{a_1} : consommation annuelle pour l'usage 1 (kWh/an)

Pour certaines affectations (déterminées selon 'Destination'), des courbes de charge sont compilées regroupant plusieurs classe NOGA, comme donné ci-dessous:

NOGA compilés

Destination	NOGA origin.	NOGA compil.
Atelier	43,45,52	101
Autre bât. 20m2 et plus	94,43,52	102
Autre bât. d'activités	41,46	103
Autre bât. de loisirs	93,88	104
Bureaux, Bureaux OIG	64 à 84	106
Centre loisir	94,93	108
Depôt	1,45,46,52,25,41,49	109
Hangar	10,11,41,43,45,52	110
Usine	46,26,27,16,25,10,43	111

Indices énergétiques par classe d'affectation

A Genève, les consommations énergétiques – électriques et thermiques - sont déterminées de façon assez précise selon:

- SITG: couche SCANE_INDICE donnant l'indice de consommation thermique (IDC) par EGID, les SRE (surface de référence énergétique) et agents de chaleur; couche SCANE_CHAUDIERE indiquant les agents de chaleur des chaudières
- SIG: consommations électriques et de gaz par EGID
- SIG – ATLAS/ENERLAB: estimation des besoins thermiques par EGID à partir des IDC et consommation de gaz.

A partir de ces bases de données genevoises, des **indices énergétiques moyens** de chauffage et d'électricité sont calculés par classe d'affectation SIA.

Ces indices sont utilisés pour évaluer les besoins énergétiques des bâtiments lorsque les données ne sont pas fournies et donc extrapolés, ceci pour toute l'Agglomération (GE, VD, F), selon le tableau ci-dessous.

Classes d'affectation SIA:

1. Logement collectif
2. Logement individuel, villa
3. Administration, bureau
4. Ecole, centre de loisir
5. Commerce
6. Restauration
7. Lieu de rencontre
8. Centre de soin, hôpital
9. Industrie, artisanat, atelier
10. Entrepôt, dépôt, hangar
11. Centre sportif
12. Piscine intérieure

CatSIA	FREQUENCY	MEAN_Qh	MEAN_Qww	Mean Qel
1	15 064	87.2	20.8	46
2	29 086	146.7	13.9	49
3	1 722	82.6	6.9	142
4	868	83.5	6.9	34
5	414	87.9	6.9	142
6	206	90.9	55.6	117
7	406	97.9	13.9	43
8	226	111.9	27.8	116
9	7 514	83.4	6.9	97
10	459	113.5	1.4	134
11	357	35.4	83.3	30
12	8	195.9	83.3	116

Indice énergétique moyen en kWh/m2/an par classe SIA sur les bâtiments du canton de Genève.

- Qh: indice moyen de chauffage – énergie utile
- Qww: indice théorique d'eau chaude selon la norme SIA 380/1
- Qel: indice moyen électrique

Détermination des besoins électriques bâtiment

Plusieurs cas de figure (5 au total) sont considérés pour déterminer les consommations électriques par bâtiment selon que les consommations sont connues (C) et les classes NOGA sont attribuées ou non.

Genève:

1. C connue, avec cl. NOGA attribuée (38'800 bâtiments, 47%)
2. C connue, sans cl. NOGA (5'500 bâtiments, 7%)
3. C inconnue, avec cl. NOGA (22 bâtiments, 0%)
5. C inconnue, sans cl. NOGA (38'400 bâtiments, 46%)

Si C inconnue => Estimation à partir de Q_{el} par classe SIA et SRE ($C = Q_{el} \times SRE$)
Si NOGA non attribué => détermination de l'affectation selon CAD_BAT_HORSOL / champ 'Destination' et correspondance soit avec une cl. NOGA spécifique, sinon cl. NOGA compilée cf. p. 19).

Vaud

5. C inconnue (30'600 bâtiment, 100%)

Classe SIA déterminée selon affectation du bâtiment (RCB-CLASSE).

Estimation de C à partir de Q_{el} par classe SIA et SRE ($C = Q_{el} \times SRE$).

Attribution classe CC NOGA-SIG selon RCB - CLASSE (directement sur une cl. NOGA spécifique, sinon cl. NOGA compilée).

Estimation des besoins électriques (1)

France:

4. C connue à l'adresse - ENEDIS (>10 preneurs) *(4'140 bâtiments, 3%)*

Adresse ramenée à l'ID bâtiment par proximité spatiale.

Répartition de C selon classe CC-ENEDIS – RES1, RES_11, PRO1, ENT1
(cf. p. 17)

5. C inconnue *(148'500 bâtiments, 97%)*

Classe SIA selon affectation du bâtiment (BAT_AGGLO / NATURE_SOC)

Estimation de C à partir de Q_{el} par classe SIA et SRE ($C = Q_{el} \times SRE$).

Attribution classe CC NOGA-SIG selon NATURE_SOC (directement sur une cl. NOGA spécifique, sinon cl. NOGA compilée).

Correspondance entre cl. NOGA et affectation de bâtiment – France et Vaud

Vaud

France

CLASSE_VD		CC NOGA	CI SIA	NOGA_compil
1110	Maisons individuelles	200	2	
1121	Maisons à deux logements	200	1	
1122	Immeubles à trois logements et plus	200+201	1	202
1130	Habitat communautaire	200+201	1	202
1211	Hôtels	55	1	
1212	Autres bâtiments d'hébergement de tourisme	55	1	
1220	Immeubles de bureaux	64 à 84	3	106
1230	Bâtiments commerciaux	47	5	
1241	Gares, aérogares, centraux téléphoniques	49	9	
1242	Garages	45	10	
1251	Bâtiments industriels	10 à 33	9	111
1252	Réservoirs, silos et entrepôts	1, 45, 46, 52	10	110
1261	Bâtiments à usage récréatif ou culturel	90	7	
1262	Musées et bibliothèques	91	3	
1263	Bâtiments pour l'enseignement et la recherche	85	4	
1264	Hôpitaux et établissements de santé	86	8	
1265	Salles de sport	93	11	
1271	Bâtiment d'exploitation agricole	1	10	
1272	Édifices culturels et religieux	94	7	
1273	Monuments historiques ou classés			

Pour la catégorie
'bâtiment_indifférencié', on attribue
dans le précalcul par défaut la cl. 202,
mais on demande dans l'Interface V2
à l'utilisateur de préciser l'usage du
bâtiment (logement indiv., collectif,
bureau, industrie), permettant ensuite
d'affecter la consommation à la bonne
classe NOGA (cf. p.14)

NATURE_SOC	Cl. SIA	CC NOGA	NOGA_compil
bâtiment_indifférencié	?	?	202
- Si logement indiv	2	200	
- Si logement collec	1	200 + 201	202
- Si activité = admin (Cl. SIA 3)	3	64 à 84	84
bâtiment_administratif	3	84	
bâtiment_agricole	10	1	
bâtiment_commercial	5	47	
bâtiment_industriel	9	10 à 33	111
bâtiment_religieux	7	94	
bâtiment_santé	8	86	
bâtiment_scolaire	4	85	
bâtiment_sportif	11	93	
bâtiment_transport	9	49	

Détermination des besoins thermiques

Les besoins thermiques peuvent donner lieu à des consommations électriques si la chaleur est produite par des pompes à chaleur (PAC) ou de l'électricité directe. Ceci selon l'état actuel, ou bien selon une simulation future (en cas de remplacement d'une chaudière par une PAC).

3 classes et courbes de charge associées sont créées en lien avec les besoins électriques pour la thermie:

- F_300: PAC ou chauffage électrique direct (pour le chauffage + eau chaude)
- F_301: boiler électrique (eau chaude seule)

Plusieurs cas de figure (6 au total) sont considérés selon que les consommations thermiques (*Cth*) et les agents énergétiques sont connus ou non.

Genève:

1. *Cth* et agent chaleur connus (base SITG / IDC ou conso. SIG gaz),
Attribution des valeurs *Cth* aux champs F_300 ou F_301
2. *Cth* estimé et agent de chaleur connu selon base SIG ATLAS/ENERLAB
Attribution des valeurs *Cth* aux champs F_300 ou F_301
6. *Cth* inconnue et pas de données SIG ATLAS/ENERLAB
Estimation des besoins thermiques selon Q_h et Q_{ww} par classe SIA et SRE
 Cth (chauffage + eau chaude) = $Q_{hww} * SRE * \text{fraction utile}$
 Cth (eau chaude seule) = $Q_{ww} * SRE * \text{fraction utile}$
Fraction utile = 1/3 pour une PAC (COP), et 1 pour une alimentation électrique directe
Les valeurs des champs F_300 et F_301 = 0 par défaut dans la base précalculée

Détermination des besoins thermiques (2)

Vaud

- 3. Cth estimée** selon le **Cadastre thermique du canton Vaud**, agent de chauffage et/ou eau chaude **électrique** (PAC, électricité directe) selon **RCB** / code RegBL,
Attribution des besoins thermiques aux champs F_300 (si chauffage électrique ou PAC) et F_301 (si boiler électrique pour l'eau chaude).
Valeurs *Cth* divisées par le COP = 3, en cas de PAC pour convertir en électricité.
- 4. Cth non estimée** dans le cadastre thermique vaudois, agent de chauffage et/ou eau chaude **électrique** (PAC, électricité directe) selon RCB / code RegBL,
Estimation des besoins selon Qh et Qww par classe SIA et SRE idem Cas **6** Genève
Calcul des champs F_300 et F_301 idem cas **3**.
- 5. Cth estimée** selon le cadastre thermique vaudois, mais agent de chauffage et/ou eau chaude **non électrique** (PAC, électricité directe) selon RCB / code RegBL,
Les valeurs des champs F_300 et F_301 = 0 par défaut dans la base précalculée.
- 6. Cth non estimée** dans le cadastre thermique vaudois et agent de chauffage **non déterminé** selon RCB.
Estimation des besoins selon Qh et Qww par classe SIA et SRE idem Cas **6** Genève
Les valeurs des champs F_300 et F_301 = 0 par défaut dans la base précalculée.

France

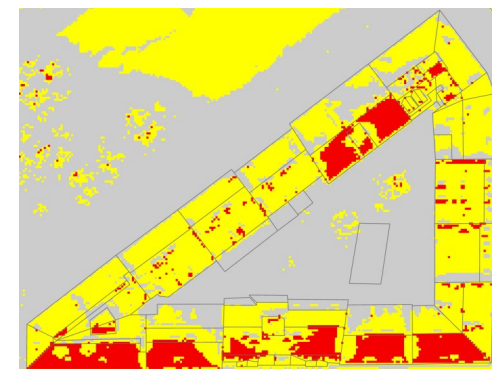
Idem cas **6** Vaud et Genève

Le calcul de l'irradiation solaire disponible sur les panneaux PV est déterminé par la position du curseur de surface de panneau choisie par l'utilisateur, dans les limites d'un potentiel total définie par une irradiation minimale de 800 kWh/m2/an. Il s'agit ainsi de traitement statistique réalisé sur l'irradiation annuelle brute (raster) présentée ci-dessous.

EGID	LIEU	_0_8	_8_9	_10_11	_14_20	_11_12	_9_10	_13_14	_12_13	I_0_8	I_8_9	I_10_11	I_14_20	I_11_12	I_9_10	I_13_14	I_12_13	REAL_AREAS
295515178	GE	0.384341	0.638348	0.018823	0	0	0.342829	0	0	723.172414	851.11082	1032	0	0	912.544678	0	0	10.156919
295515185	GE	0	0	0.002819	0	0.432023	0	0.174878	0.39028	0	0	1094	0	1234.75039	0	1293.751697	1256.713838	207.238622
295515205	GE	0.03043	0.011832	0.0473	0	0.053512	0.008253	0.148604	0.730499	684.166667	835.25	1068.947368	0	1181.197626	955.333333	1314.78188	1280.23343	70.280697
295515206	GE	0.017284	0.006198	0.037577	0.007547	0.101075	0.00913	0.167136	0.671337	670.6	834	1077.954545	1419	1205.768054	974.6	1303.512435	1264.316979	102.232093
295515207	GE	0.054577	0.005616	0.023805	0.007673	0.12089	0.004841	0.144189	0.692987	653.5	878.5	1061.993799	1404.333333	1189.585132	971.5	1301.045124	1263.511011	74.255667
295515208	GE	0.052532	0.008179	0.043092	0	0.061926	0.00529	0.151556	0.729958	652.3	846.333333	1069.166667	0	1169.236981	970.5	1310.426353	1277.277084	72.387441
295515223	GE	0.840197	0.611897	0.224753	0	0	0.16335	0	0	593.783844	849.818782	1016	0	0	920.141983	0	0	5.3209

Extrait de la couche BATIMENT_GGSOLAIRE (cf. métadonnées p. 34) contenant la répartition des surfaces par tranche d'irradiation.

- À partir de la couche raster du potentiel solaire, les pixels de la toiture sont répartis par tranche d'irradiation 0-800, 800-900,...,>1400) et les surfaces correspondantes calculées, puis ramenées en % de la surface potentielle totale de toiture (définie par >800 kWh/m2/an)
- REAL_AREAS: représente la surface totale de panneau PV installable sur les surface de toiture dont l'irradiation > 800 kWh/m2/an, selon les ratios panneau / toiture: 0.6 pour les toitures plates (avec disposition dôme est-ouest inclinaison 10°) et 0.9 pour les toitures pentues.
- Les valeurs _8_9 et suivantes représentent la répartition de la surface réelle de toiture AREA_TOIT (dont irradiation > 800 kWh/m2/an).
- Les valeurs I_8_9 et suivantes, l'irradiation moyenne par tranche d'irradiation.
- Exemple: pour la tranche d'irradiation 1000-1100, production PV = AREA_PV * _10_11 * I_10_11



Position du curseur / Interface V2:

- La position du curseur tout à droite correspond à AREA_PV,
- La position initiale du curseur correspond à M2_PV (selon temps de retour sur investissement le plus bas)
- En déplaçant le curseur vers la gauche, on sélectionne les surfaces les mieux irradiées en priorité (en commençant par >1'400 kWh/m2/an si disponible, puis les surfaces de niveau d'irradiation inférieur).

Jaune: surface productive > 800 kWh/m2/an

Rouge: surface sélectionnée dont irradiation >1300

Conclusion: l'approche méthodologique se base sur une **analyse statistique de répartition des surfaces** par niveau d'irradiation, et non pas sur une approche géométrique de type pré-calepinage, ce qui peut impliquer des discontinuités importantes sur les surfaces correspondant à un niveau d'irradiation donné (cf. exemple dans l'image ci-dessous pour des niveaux >1300).

Calcul de l'autoconsommation: exemple

Le calcul de l'autoconsommation consiste dans un premier temps à répartir la production annuelle totale d'électricité solaire par heure selon le profil horaire, ainsi que la consommation annuelle par heure selon la courbe de charge correspondante à la classe d'affectation, puis d'évaluer à chaque heure si la production solaire est autoconsommée dans le bâtiment ou revendu au réseau.

Mois	Heure	_Gh	SUM_F84	SI
1	1	0	0.00195684	
1	2	0	0.00195684	
1	3	0	0.00195684	
1	4	0	0.00195684	
1	5	0	0.00195684	
1	6	0	0.00259886	
1	7	0	0.00349345	
1	8	2.36E-05	0.00411942	
1	9	0.00122465	0.00432688	
1	10	0.00275547	0.00475457	
1	11	0.00386237	0.00464486	
1	12	0.00423918	0.00460575	
1	13	0.00419208	0.00460575	
1	14	0.00428629	0.00459131	
1	15	0.00315584	0.00457686	
1	16	0.00155437	0.00466246	
1	17	4.71E-05	0.00479086	
1	18	0	0.00360671	
1	19	0	0.00306827	
1	20	0	0.00249748	
1	21	0	0.00190602	
1	22	0	0.00181672	
1	23	0	0.00200671	
1	24	0	0.00195684	

SUM_F81	SUM_F82	SUM_F84	SUM_F85	SUM_F86	SI
0	0	8855925.139	0	0	
0	0	6148600	0	0	
0	0	5636050.938	0	0	
0	0	4366882.802	0	0	
0	0	3775362.146	0	0	
0	0	3189629.541	0	0	
0	0	3117575.434	0	0	
0	0	3005430	0	0	
0	0	2604422	0	0	
0	0	2550296.295	0	0	
n	n	2225790	n	n	

Extrait de BATIMENT_GGSOLAIRE
(production solaire PV selon optimum économique)

Extrait de BATIMENT_GGSOLAIRE
(consommation annuelle du bâtiment affectée à la classe NOGA 84, caractéristique d'une activité administrative)

Extrait de la table externe avec le profil horaire de l'irradiation solaire et la courbes de charge horaire de la classe NOGA 84

Répartition horaire de la production solaire PV_AN_KWH par heure selon le profil Gh

Répartition horaire de la consommation annuelle SUM_F84 selon la courbe de charge correspondante

Production horaire = production annuelle * %horaire

Consommation horaire = consommation annuelle * %horaire classe CC

Autoconsommation horaire = minimum (production, consommation)

Hypothèses économiques

Les hypothèses portent sur les paramètres suivants (élaborées en partenariat avec UNIGE/Systèmes énergétiques):

- **Investissement** selon la puissance installée (prix calculé selon - **CH** la fonction définie par [OFEN, 2019](#) p. 27 – **F** la fonction construite à partir des données de l'[ADEME](#), 2019 p. 22-28)
- **Tarif d'achat d'électricité**
 - France: selon le site Web d'EDF (tarif bleu <36 kVA, jaune >36 kVA)
 - Suisse: selon les sites Web des fournisseurs d'énergie (SIG, SI Nyon, SEIC, Romande Energie)
- **Tarif de reprise du courant solaire :**
 - F: site [PVinfo](#)
 - CH: SIG, SI Nyon, SEIC, Romande Energie
- **Taux d'intérêt** (discount rate **3%**)
- **Subventions** à l'investissement selon CH ([Pronovo](#)) ou F ([PVinfo](#))
- **Coûts d'entretien annuels** (**1%** de l'investissement brut)

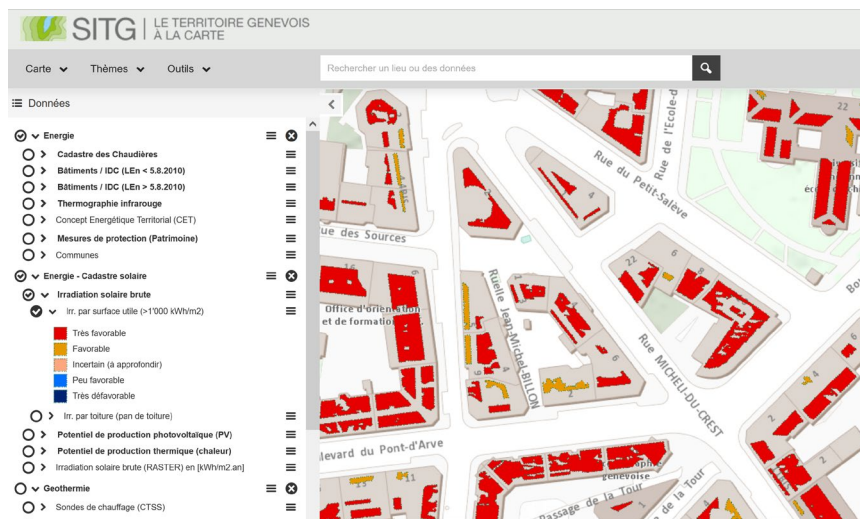
Grille tarifaire considérée (en CHF ou € / kWh)

	Achat				Rachat		
	Particulier	Pro	Seuil Pro	Produit	Inf	Sup	Seuil inf-sup
EDF (2021)	0.1605	0.1244	50 MWh	Bleu	0.1000	0.0600	9 kWc
SIG (2022)	0.2317	0.1778	30 MWh	Vitale bleu	0.1298	0.1252	30 kWc
Romande Energie (2022)	0.2155	0.1562	50 MWh	Terre Suisse	0.0816	0.0720	100 kWc
SI Nyon (2022)	0.2456	0.1927	50 MWh		0.1043	0.0743	100 kWc
SEIC Gland (2022)	0.2384	0.1721	50 MWh		0.1010	0.0929	30 kWc

Définitions:

- Seuil pro: seuil de consommation au-delà duquel une activité professionnelle bénéficie du tarif «Pro»;
- France: le Tarif bleu réglementé s'applique pour les puissances <36 kVA et est différent pour Particuliers et Pros. La marché libre s'applique pour les Pros >36 kVA pour une consommation équivalente approximative de >50 MWh. Ici le tarif jaune EDF est considéré (11.89 cts/kWh TTC pour 36-240 kVA).
- Seuil inf-sup: seuil de puissance délimitant les tarifs de rachat inférieurs et supérieurs (à Genève, au-delà de 100 kWc, le tarif est de 0.1156)
- Tous les tarifs achat TVA incluses, tarifs *simples* pour les particuliers et *doubles* pour les Pro, produits standards.
- SEIC Gland: deux communes Gland et Begnins appliquent des taxes communales plus élevées impliquant donc des tarifs différents

4. Couches spatiales SITG, métadonnées et mises à jour



Le [portail énergie du SITG](#) (carte métier) publie les couches du cadastre solaire qui peuvent être extraites et utilisées pour réaliser des bilans énergétiques spécifiques.

Quatre couches sont associées à la nouvelle interface Web présentée au Chapitre 2.

- **OCEN_SOLAIRE_ID_SURFACE_BASE**: contenant les pans de toitures et toute autre surface pouvant être valorisée (couverts, parkings extérieurs pouvant être potentiellement couverts par des panneaux), avec des données géométriques (pente, orientation, surface) et d'irradiation. Disponible uniquement sur Genève et Vaud (la couche de toiture n'étant pas disponible sur la partie française). Permet à l'utilisateur de faire son bilan énergétique par toiture.
- **OCEN_SOLAIRE_BASE_BATIMENT**: données par entrée de bâtiment (EGID) sur la répartition des surfaces de toiture par classe d'irradiation solaire, permet à l'utilisateur de faire son propre bilan énergétique thermique et PV.
- **OCEN_SOLAIRE_PV_BATIMENT**: données par entrée de bâtiment (EGID) contenant les indicateurs énergétiques et économiques liés à une surface optimale (selon temps de retour minimum) d'installation PV, ainsi que le potentiel de production PV totale pour la partie > 800 kWh/m²/an.
- **BATIMENT_GGSOLAIRE**: *couche non publique* contenant toutes les données précalculées pour l'interface Web, la répartition des surfaces par classe d'irradiation, les besoins thermiques et électriques (mesurées ou estimées), la répartition des besoins électriques par classe de courbe de charge.

Métadonnées

OCEN_SOLAIRE_ID_SURFACE_BASE		
Champs	Unité	Définition
TYPE_SURF	txt	Type de surface: toiture, couvert (Genève uniquement) parking (couvert potentiel) (Genève uniquement)
ORIENT_MOY	°	Orientation moyenne sur la toiture calculé à partir du MNS.
PENTE_MOY	°	Pente moyenne sur la toiture calculé à partir du MNS.
SURF_TOIT	m2	Surface réelle de la toiture tenant compte de la pente (surface au sol / cos(pente)).
IRR_MOY	kWh/m2/an	Irradiation moyenne (en kWh/m2/an) sur la toiture calculée à partir de l'irradiation solaire annuelle (raster).
OCEN_SOLAIRE_BASE_BATIMENT		
Champs	Unité	Définition
_0_8, _8_9 à _14_20	%	Part de la surface de la toiture par tranche d'irradiation (0-800, 800-900, 900-1000,..., > 1400), le total de ces parts = 1
I_0_8, I_8_9, I_9_10...	kWh/m2/an	Irradiation moyenne des surfaces de toiture, par tranche d'irradiation de 100 kWh/m2/an (de 0 à 800, puis de 800 à 2000).
_IR_à_IR_12	%	Part mensuelle de l'irradiation solaire moyenne sur les toitures du bâtiment
SRE	m2	Surface de référence énergétique
CAT_SIA	-	Classe d'affectation selon la norme suisse SIA 380/1 de 1 à 12 (1: logements collectifs, 2: logements individuels, 3: administration, 4: école, 5: commerces, 6: restaurant, 7: lieux de rencontre, 8: hôpital, 9: industrie et artisanat, 10: entrepôt, 11: sport, 12: piscine)
PATRIM	-	Indication si bâtiment situé dans une zone de protection patrimoniale (1: si contrainte patrimoniale, 0: sinon)
ADRESSE	txt	Adresse du bâtiment (selon base adresse Agglo)
COMMUNE	txt	Nom de la commune où se situe le bâtiment (en vue d'agrégier les résultats par commune)

Métadonnées

OCEN_SOLAIRE_PV_BATIMENT

Champs	Unité	Définition
SIND	txt	Service industriel: F(EDF), GE(SIG), VD(SI Nyon, SEIC-La Côte, Romande Energie)
CONSEL_EST	-	Indice d'estimation de consommation électrique (cas 1 à 5)
M2_PV	m2	Surface d'installation solaire PV optimale (selon le revenu annuel - SURPLUS - maximal lié l'autoconsommation)
PV_AN_KWH	kWh/an	Production électrique solaire annuelle selon optimum
P_KWC	kWc	Puissance installée selon optimum
CO2	tCO2/an	Emissions CO2 évitées par rapport au mix suisse (125 gCO2/kWh) et français (70 gCO2/kWh). Facteur émission PV: 43 gCO2/kWh
INVEST	CHF ou €	Investissement brut de l'installation clé en main selon optimum
COUT_AN	CHF ou € / an	Coûts annuels d'entretien de l'installation selon optimum
GAINS_AN	CHF ou € / an	Gains annuels liés à l'autoconsommation et à la revente du surplus selon optimum
SUB_AC	CHF ou €	Subvention de l'installation selon optimum
CONSO_PR	kWh/an	Consommation propre du courant produit selon optimum
TRI	ans	Temps de retour sur investissement selon optimum
ANNUITE	CHF ou € / an	Annuités de l'investissement selon optimum
SURPLUS	CHF ou € / an	Surplus de l'investissement défini par GAINS_AN - ANNUITES selon optimum
AREA_PV_TOT	m2	Surface de panneau maximale pouvant être installée sur les surfaces de toiture dont l'irrad. >800 kWh/m2/an
PV_AN_TOT	kWh/m2/an	Potentiel de production solaire total à partir de la surface totale AREA_PV_TOT
INVEST_TOT	CHF ou €	Investissement total de l'installation clé en main selon surface totale installable (AREA_PV_TOT)
SUB_AC_TOT	CHF ou €	Subvention de l'installation selon surface totale installable (AREA_PV_TOT)

BATIMENT_GGSOLAIRE (non publique)

Compilation des tables BASE_BATIMENT et PV_BATIMENT, champs identiques à l'exception des champs suivants:

Champs	Unité	Définition
_0_8	%	Part de la surface de la toiture ayant une irradiation solaire < 800 kWh/m2/an
_8_9 à _14_20	%	Part de la surface de la toiture par tranche d'irradiation (800-900, 900-1000,..., > 1400), le total de ces parts = 1 (part _0_8 non incluse)
SUM_F1 à SUM_F96	kWh/an	Consommation électrique attribuée à l'une des classes NOGA SIG
SUM_F101 à 111	kWh/an	Consommation électrique attribuée à l'une des combinaisons de classes NOGA
SUM_F200	kWh/an	Consommation électrique attribuée à la classe Ménages
SUM_F201	kWh/an	Consommation électrique attribuée à la classe Communs (logements collectifs uniquement CATSIA = 1)
SUM_F202	kWh/an	Consommation électrique classes Ménages + Communs (uniquement pour la France NATURE_SOC = bâtiment indifférencié)
SUM_F300	kWh/an	Consommation électrique attribuée au chauffage électrique direct ou PAC
SUM_F301	kWh/an	Consommation électrique attribuée au boiler eau chaude électrique
SUM_F302	kWh/an	Consommation électrique attribuée à la voiture électrique
SUM_RES_1	kWh/an	Consommation électrique attribuée à la classe ENEDIS petit résidentiel (<6 Kva)
SUM_RES_11	kWh/an	Consommation électrique attribuée à la classe ENEDIS moyen et grand résidentiel (>6 Kva)
SUM_PRO1	kWh/an	Consommation électrique attribuée à la classe ENEDIS activité - tertiaire
SUM_ENT1	kWh/an	Consommation électrique attribuée à la classe ENEDIS activité - entreprise
SUM_CONSO	kWh/an	Consommation électrique totale toute classe confondue hors thermie
BesCH	kWh/m2/an	Estimation des besoins de chaleur totale (indice énergie utile)
BesECS	kWh/m2/an	Estimation des besoins d'ECS (indice énergie utile)
BESCH_EST	-	Indice d'estimation de besoins de chaleur (cas 1 à 6)

Mises à jour du cadastre solaire

Les mises à jour à prévoir portent sur plusieurs aspects.

Cadastre solaire (raster brut), des bâtiments et toitures

- La validité du cadastre solaire actuel est liée à celle des données LIDAR, soit 2017 à Genève, 2014 en France et 2019 Vaud. Les bâtiments construits au-delà ne sont pas pris en compte dans le cadastre solaire.
- ⇒ Rythme de mise à jour: **3-5 ans** (selon acquisition nouvelles données LIDAR)

Données de consommation SIG et ENEDIS

- Les données de consommation électrique SIG et ENEDIS sont mises à jour annuellement.
 - La mise à jour de la répartition des données SIG par classe NOGA est à clarifier. Les données utilisées datent de 2017.
 - Les données de consommation thermique devraient à court terme être mises à jour régulièrement (via la base SIG / ATLAS).
 - Traitement des données: cela constitue une difficulté majeure pour la mise à jour: jointure des données ENEDIS à la base adresse qui par ailleurs se superpose souvent mal aux bâtiments; données souvent lacunaires et peu «propres» de l'affectation des conso. SIG par classe NOGA.
- ⇒ En amont de la prochaine mise à jour, les données sources devront être de meilleure qualité.
- ⇒ Rythme de mise à jour: **1 an** (selon qualité des données)

Données économiques, tarifaires

- Les données sur les subventions des installations changent tous les 6 mois en Suisse, 3 mois en France
 - Les tarifs d'achat de l'électricité et de reprise du courant évoluent au rythme annuel.
 - D'autres données économiques, comme le coût des installations, des maintenances ont une période de validité plus floue de l'ordre de 3 ans
- ⇒ Rythme de mise à jour: **6 mois à 1 an**