

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

INSTALLATIONS SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES

PRINTEMPS 2019

L'installation solaire photovoltaïque de A à Z

Jonathan FRONHOFFS



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels



CENERGIE
L'APPROCHE GLOBALE DE L'ÉNERGIE

Objectifs de la présentation

- Connaître les différents éléments que constituent une installation solaire photovoltaïque
- Comprendre le fonctionnement des systèmes PV
- Connaître les aspects financiers
- Apprendre les éléments de choix
- Savoir quels sont les points d'attention pour l'installation



Plan de l'exposé

Introduction :Que faire? Sources d'Energie Renouvelable?

1. L'énergie solaire
2. Technologies photovoltaïques
3. Le panneau photovoltaïque
4. L'installation photovoltaïque
5. Le placement des panneaux
6. Les immeubles d'appartements
7. L'optimisation des installations
8. Les aspects financiers



Que faire : SER disponibles et faisabilité?

- Solaire ?
 - Cible
 - 50% des besoins en ECS
 - 2/3 des besoins en électricité
 - Soit $\sim 20 \text{ m}^2$ pour un logement unifamilial
 - \rightarrow oui
- Eolien ?
 - \rightarrow non rentable en domestique
- Biomasse ?
 - Prix – Disponibilité – Concurrence agriculture – stockage et transport – Emissions locales
- PAC et microcogén domestique ($1\text{-}2 \text{ kW}_e$, $\sim 14 \text{ kW}_{th}$)
 - = utilisation rationnelle du gaz et de l'électricité (URE)
 - \neq énergie renouvelable

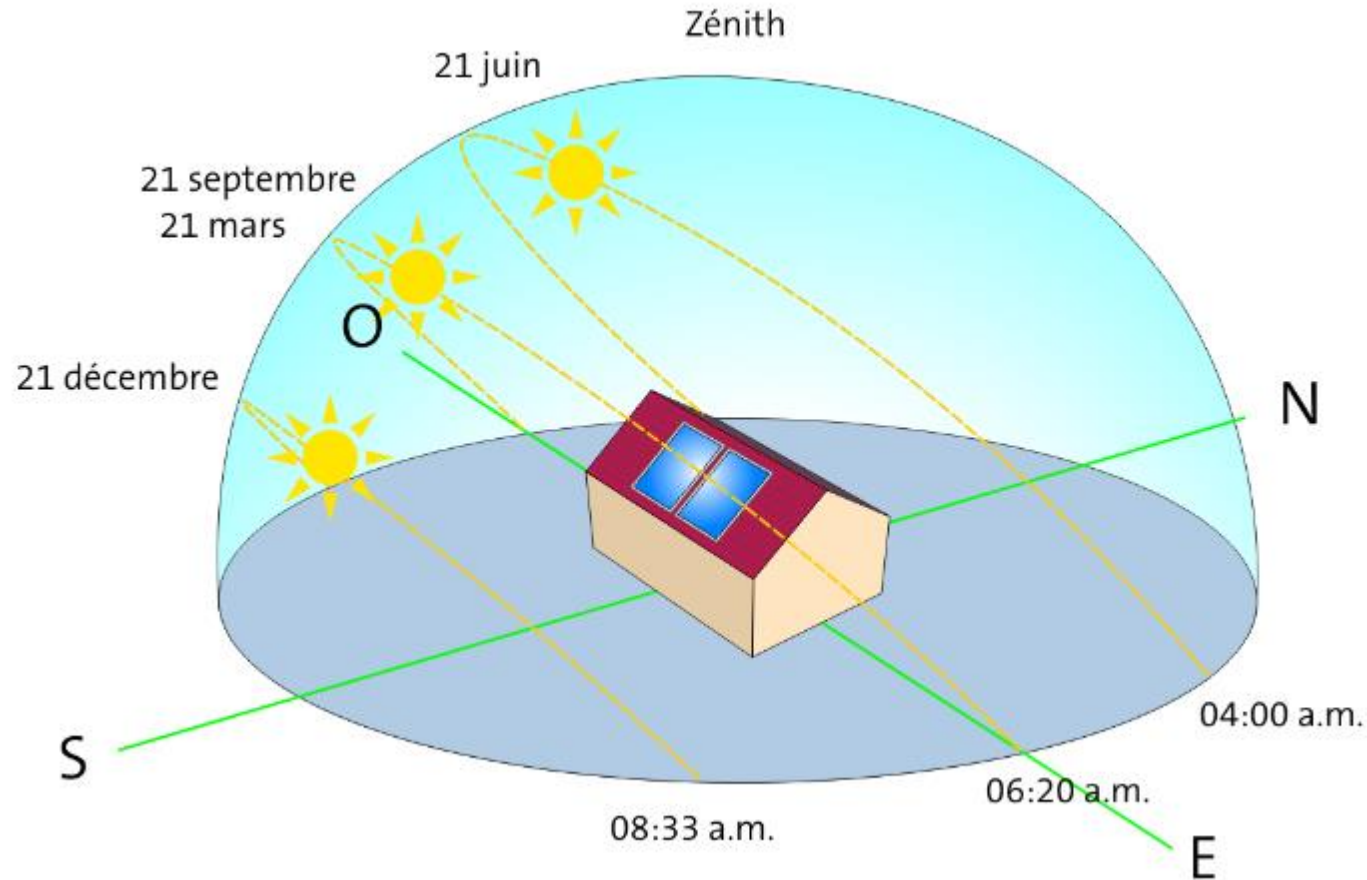


1. L'ÉNERGIE SOLAIRE



Variation de l'énergie solaire

- Effet lié aux saisons

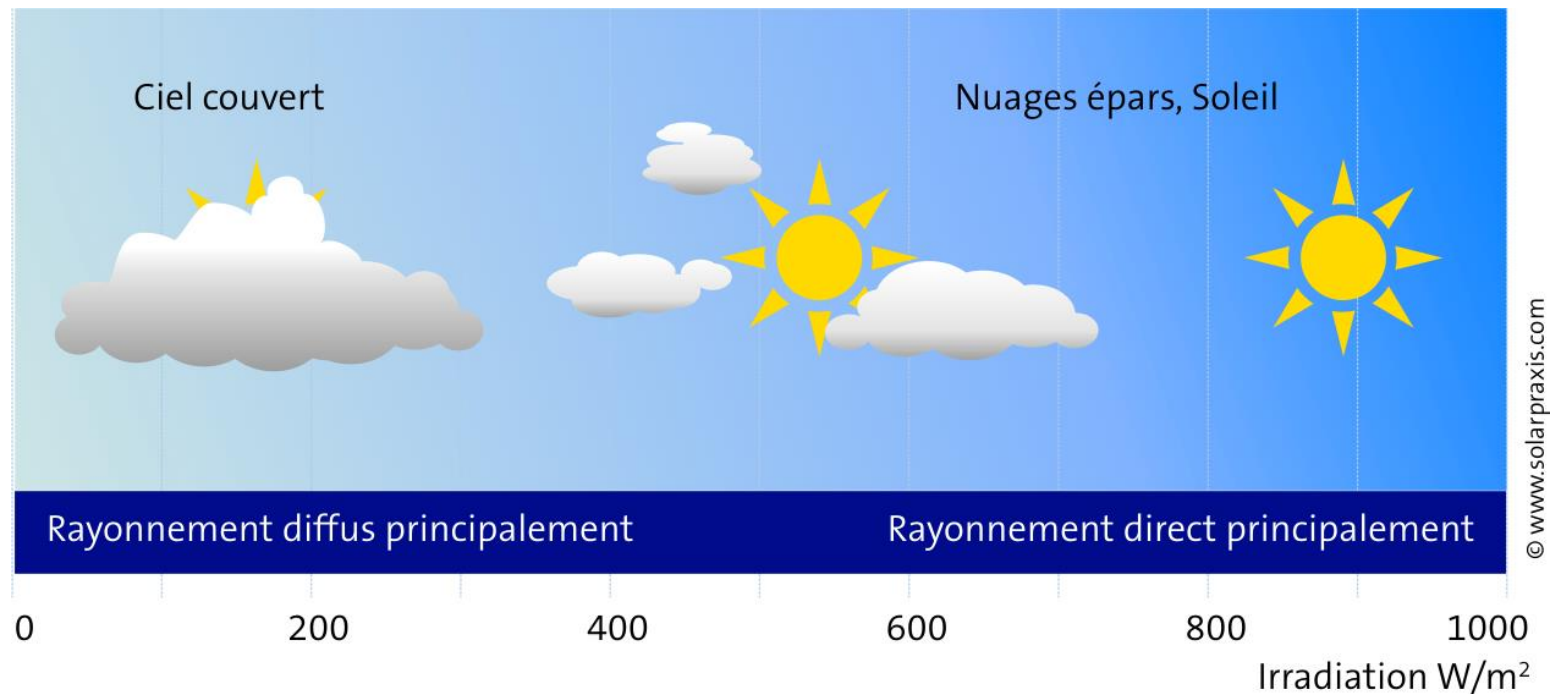


© www.solarpraxis.com



Variation de l'énergie solaire

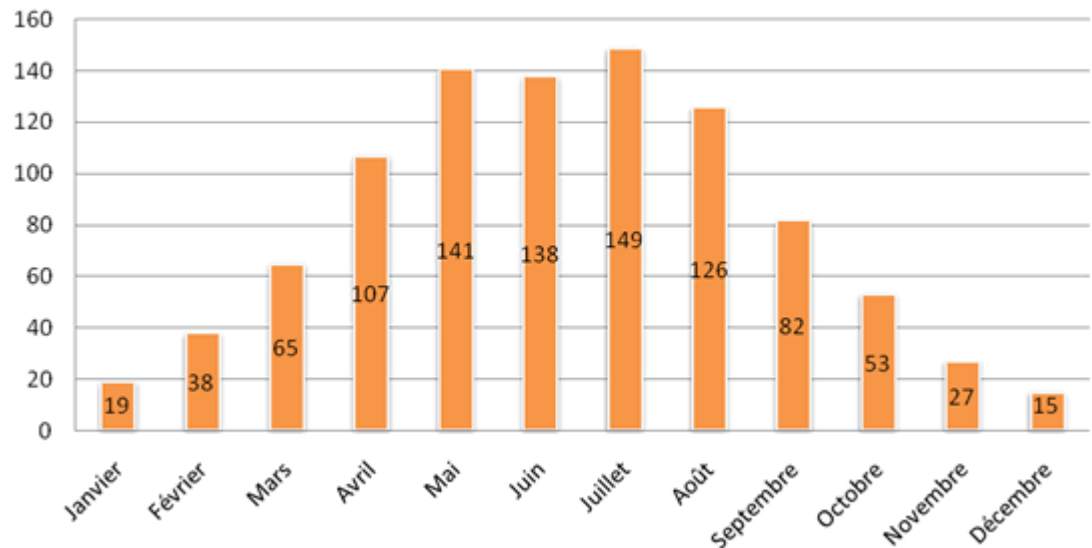
- Effet de la nébulosité



Energie solaire disponible

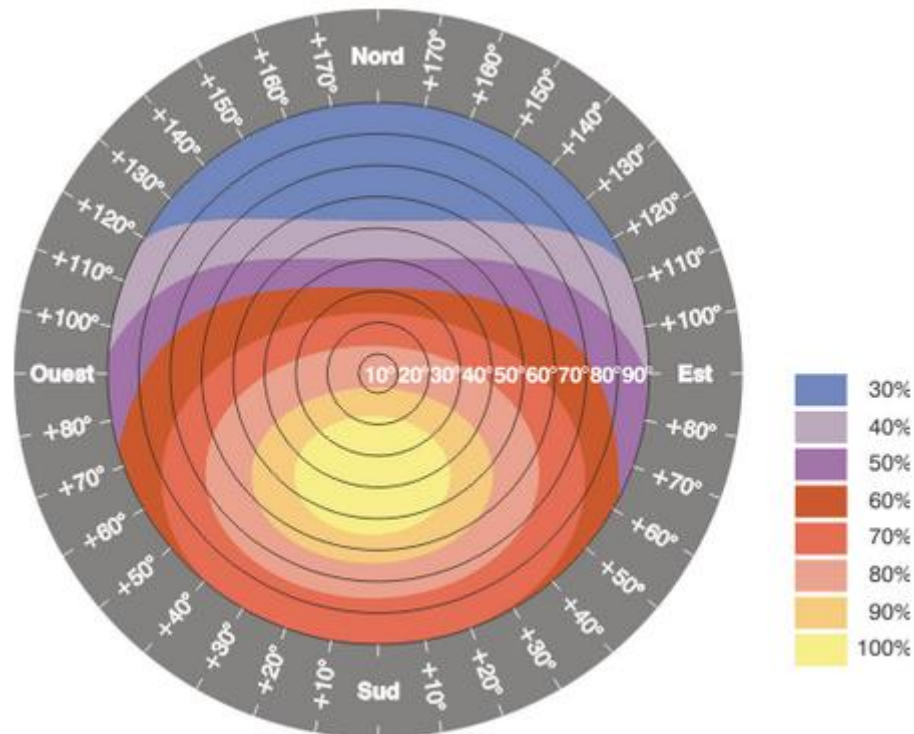
- Le gisement solaire moyen en Belgique
- En dehors de l'atmosphère terrestre, le rayonnement énergétique est à peu près constant et égale **1370 W/m²**
- Les rayons solaires traversent l'atmosphère ; en plein soleil une surface horizontale reçoit maximum **1000 W/m²**
- Une surface exposée reçoit du rayonnement **direct et diffus.**
- L'ensoleillement annuel en Belgique est en moyenne de **1000 kWh/m²**

Energie solaire mensuelle reçue (Uccle) [kWh/m²]



Energie solaire disponible

- Influence de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux



Optimum : 35° d'inclinaison, orientation plein sud



2. TECHNOLOGIES PHOTOVOLTAIQUES



Notions de base

► Watt-crête (Wc)

puissance électrique maximale fournie dans des conditions standard de test (STC):

- un ensoleillement de $1\,000\text{ W/m}^2$;
- une température des panneaux de 25°C ;
- une répartition spectrale du rayonnement dit AM 1.5



Silicium polycristallin

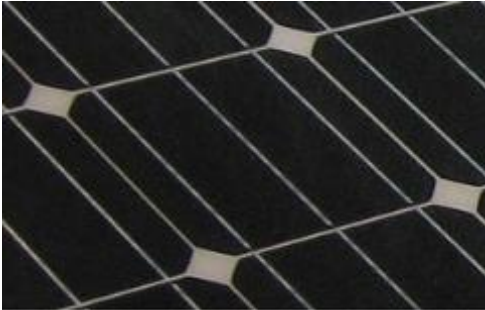
► Wattheure (Wh)

1Watt-heure \Rightarrow **énergie consommée ou délivrée** par un système d'une puissance de 1 Watt pendant une heure.



Technologie : Surface PV correspondante à 1 kWc

Modules



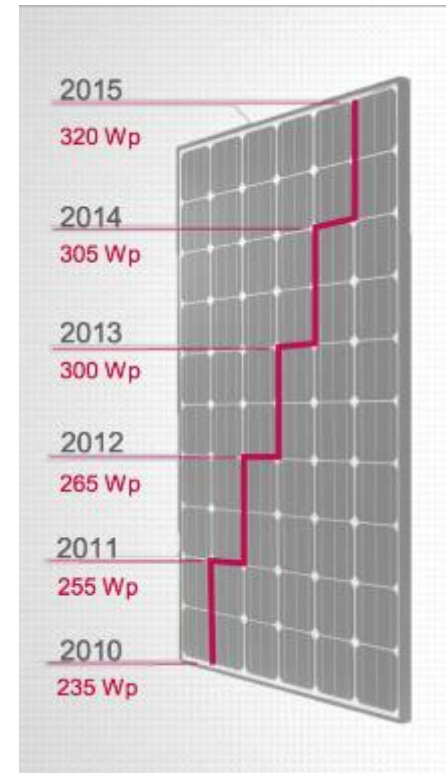
Monocristallins
(3-4 m², ~200 Wc/m², η 16-22%)



Polycristallins
(5-6 m², ~170 Wc/m², η 12-16%)



Silicium amorphe
(8-15 m², 80-100 Wc/m², η 9-10%)



Technologie : Temps de Retour Energétique d'une installation PV

- ▶ Pour une installation avec cellules en silicium cristallin
- ▶ Temps de Retour Energétique = 19 ... 40 mois
 - ▶ Dépend de l'ensoleillement
 - ▶ Pour une installation en toiture
- ▶ Si durée de vie installation = 30 ans → facteur 8 ... 18
- ▶ Source : Hespul / Ademe (France)
- ▶ Recyclage?
 - ▶ Obligation de reprise depuis 1/7/2016
 - ▶ PVCycle
 - ▶ 96% de recyclage

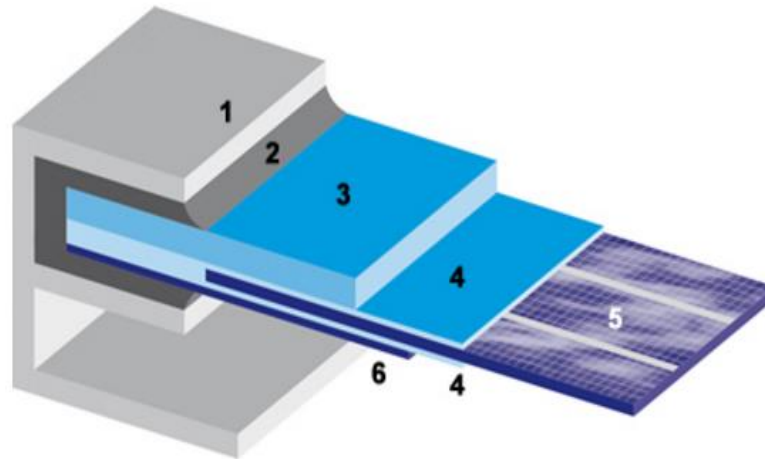


3. LE PANNEAU PHOTOVOLTAIQUE



Structure d'un panneau classique

Les modules les plus courants (communément appelés panneaux) sont généralement constitués :



- D'un cadre de support et un joint d'étanchéité (1 et 2).
- D'une plaque de verre extra claire (favorisant la transmission lumineuse) (3).
- De deux couches d'Ethylène-Acétate de Vynile (EVA) qui enrobent les cellules assurant leur protection contre les intempéries et l'humidité. (4)
- Des différents strings de cellules (5).
- D'une feuille de tedlar (ou éventuellement du verre) comme face arrière du module. Ce polymère à haute résistance aux UV et à la haute température assure au module sa résistance mécanique face aux chocs externes (vent, transport,...) (6).



Structure d'un panneau: problèmes

- ▶ Décoloration du film encapsulant
- ▶ Délamination
 - ▶ Corrosion des éléments électriques
- ▶ Encrassement
- ▶ Cellules défectueuses
- ▶ Décoloration point de contact
- ▶ Environnemental: Matériaux parfois fluorés



Structure d'un panneau: problèmes

► Décoloration du film encapsulant



Encapsulant Discoloration



Structure d'un panneau: problèmes

- ▶ Encrassement:
 - ▶ Mousse pousse sur cadre



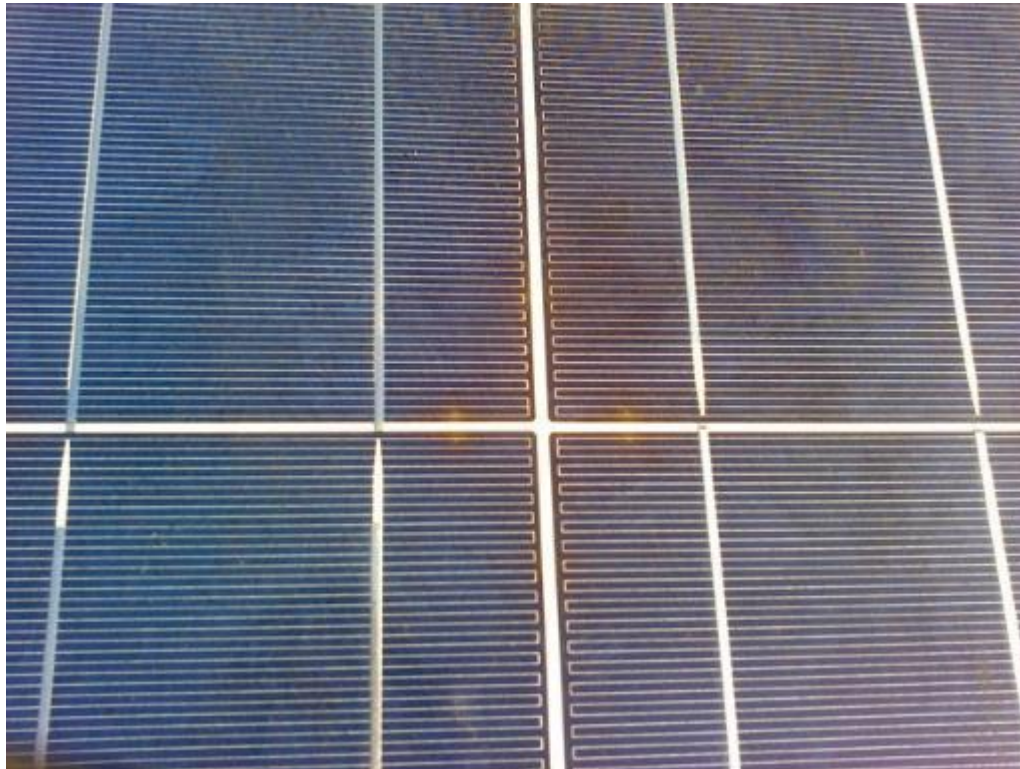
Structure d'un panneau: problèmes

- ▶ Délamination
 - ▶ Corrosion possible des éléments électriques
 - ▶ Décoloration



Structure d'un panneau: problèmes

- ▶ Décoloration points de contact
 - ▶ Pas d'effet sur la production

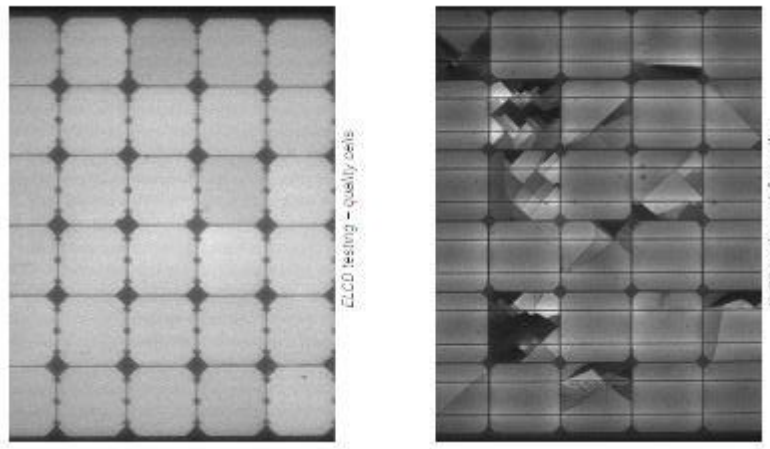


Source: jonathan fronhoffs,
Cenergie



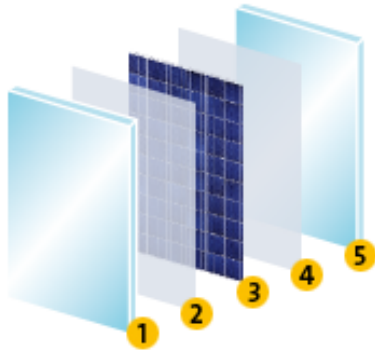
Structure d'un panneau: problèmes

- ▶ Micro fissures
 - ▶ Créées en production ou transport/installation
 - ▶ Dégradation dans le temps
 - ▶ Pas détectable à l'œil nu
 - ▶ Camera spécifique (IR proche)
 - ▶ Importance de qualité de production



Structure d'un panneau: solutions

- ▶ Autres matériaux de couche arrière
- ▶ Encapsuler les cellules dans du verre (avant et arrière)
 - ▶ Coûteux



Construction

- 2-mm thick solar glass with anti-reflection coating
- Ethylene vinyl acetate (EVA)
- Solar cell matrix
- Ethylene vinyl acetate (EVA)
- 2-mm thick solar glass with imprinted reflection grating

- ▶ Créer un « double-vitrage » PV
 - ▶ Deux couches de verre



Éléments de choix: La fiche technique

→ Voir atelier d'après-midi

- ▶ Points d'attention:
 - ▶ Puissance crête
 - ▶ Power Output Tolerance
 - ▶ STC et NOTC
 - ▶ Power Temperature Coefficient



Éléments de choix: La fiche technique

Electrical Specifications @ STC (AM1.5, 1,000 W/m², 25 °C):

Module Type		BMO-280	BMO-285	BMO-290	BMO-295	BMO-300
Nominal Power	P_{MPP} [W]	280	285	290	295	300
Short Circuit Current	I_{SC} [A]	9.35	9.50	9.60	9.75	9.90
Open Circuit Voltage	V_{OC} [V]	39.9	40.0	40.2	40.3	40.4
MPP Current	I_{MPP} [A]	9.00	9.10	9.20	9.35	9.50
MPP Voltage	V_{MPP} [V]	31.1	31.3	31.5	31.6	31.6
Solar Cell Efficiency	η_c [%]	19.5	19.9	20.2	20.6	20.9
Module Efficiency	η_M [%]	17.1	17.4	17.7	18.1	18.4
Power Output Tolerance		0/+ 5 W				
Maximum Reverse Current		18 A				
Maximum System Voltage		1,000 V (Application Class A)				

Additional power classes available upon request. | Efficiency at irradiation 200 W/m²: 99.3 % of STC efficiency or higher. | Power measurement tolerance: +/- 3 %.

Thermal Specifications:

Current Temperature Coefficient	α	+ 0.046 %/K
Voltage Temperature Coefficient	β	- 0.30 %/K
Power Temperature Coefficient	γ	- 0.39 %/K
NOCT		44 °C
Temperature range		- 40 °C to + 85 °C



4. L'INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE



Schéma de système PV

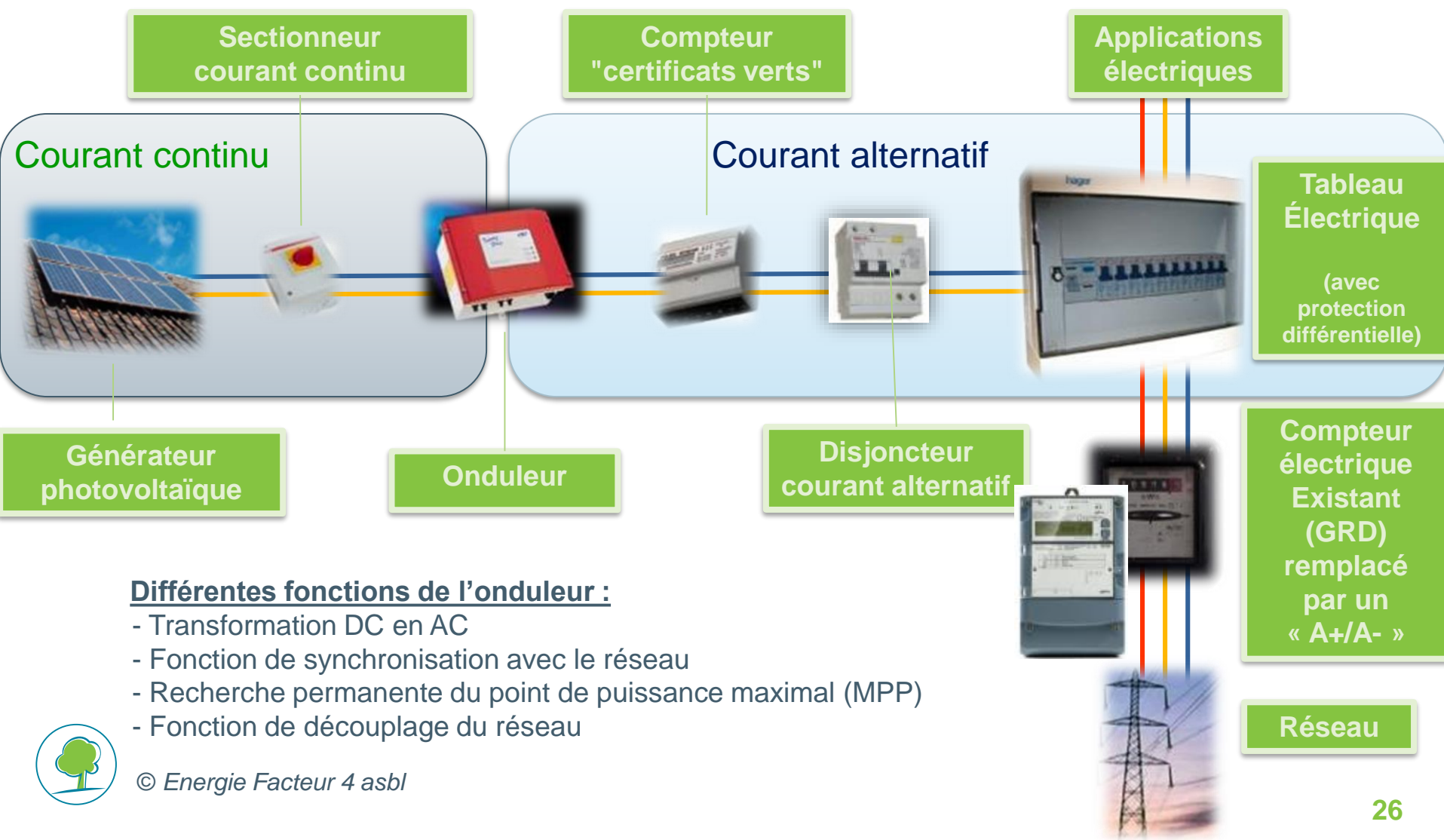


Schéma de système PV: Strings

- ▶ 1 string: 1 circuit en série, fonction de :
 - ▶ La puissance recherchée
 - ▶ Correspondance avec la puissance de l'onduleur
 - ▶ L'orientation des panneaux
 - ▶ L'ombrage des panneaux
- ▶ En cas d'optimisation: grouper les panneaux en fonction de leurs performances



Schéma de système PV: Strings



L'onduleur

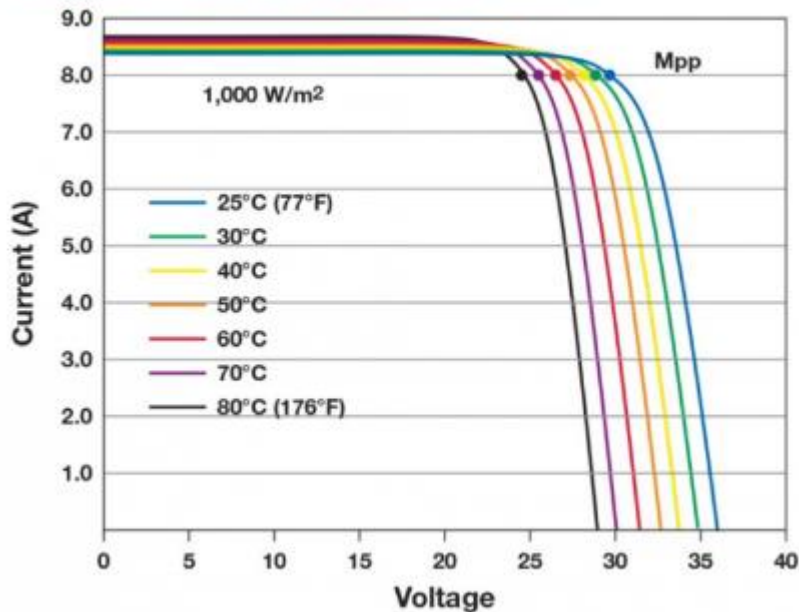
- ▶ Transformation AC → DC
- ▶ Synchronisation à la fréquence du réseau (50 Hz)
- ▶ Optimisation de la production par MPPT
 - ▶ Maximum Power Point Tracking
 - ▶ Compense les variations de production
 - ▶ Angle et orientation du soleil
 - ▶ Ombrages: structures (cheminées,...) et météo (nuages,...)
 - ▶ 1, 2 ou 3 MMPT → autant de strings par onduleur



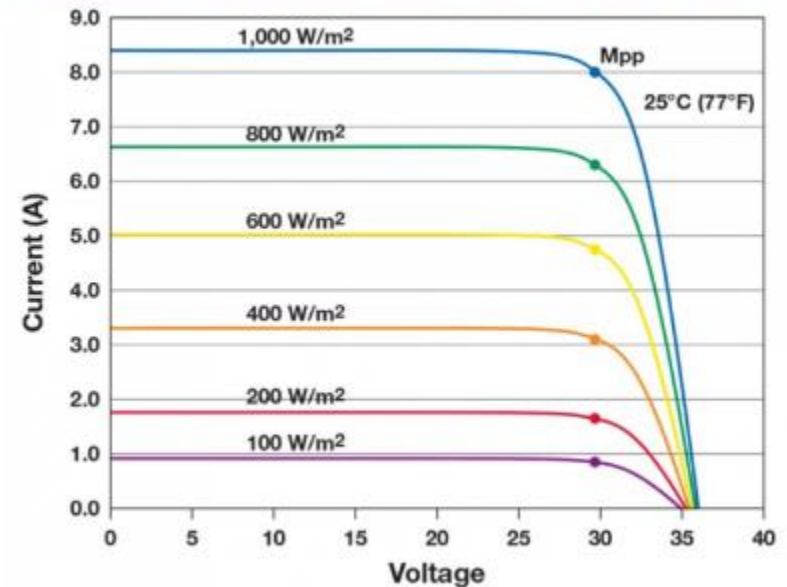
L'onduleur: MPPT

- Point de puissance maximale, varie en fonction de:
 - L'ensoleillement
 - La température

Effect of Cell Temperature on MPP



Insolation Effects on Maximum Power Point

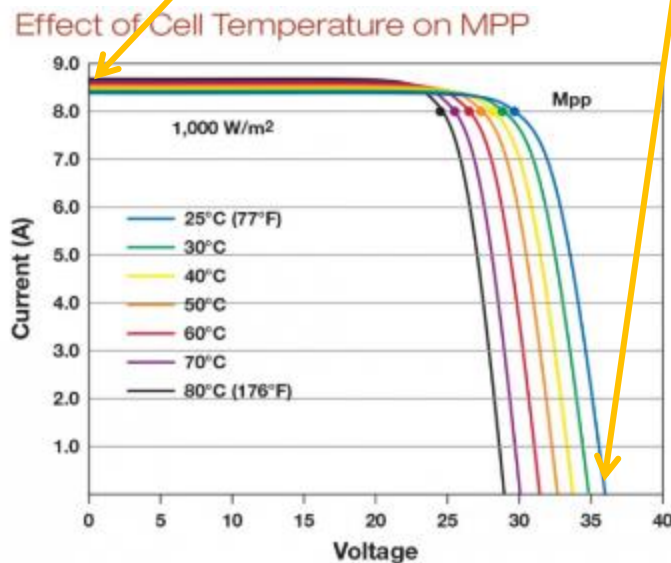


- Par modification de la résistance (charge) appliquée dans l'onduleur

L'onduleur: MPPT – Fiche technique module

Thermal Specifications:

Current Temperature Coefficient	α	+ 0.046 %/K
Voltage Temperature Coefficient	β	- 0.30 %/K
Power Temperature Coefficient	γ	- 0.39 %/K
NOCT		44 °C
Temperature range		- 40 °C to + 85 °C

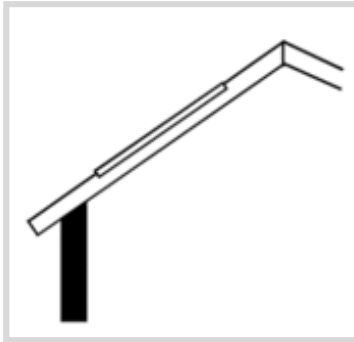


5. PLACEMENT DES PANNEAUX



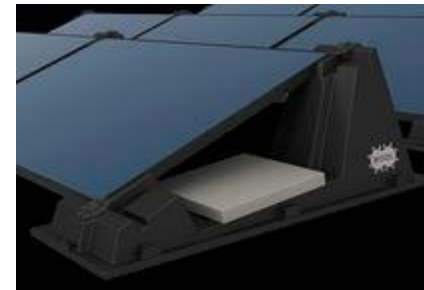
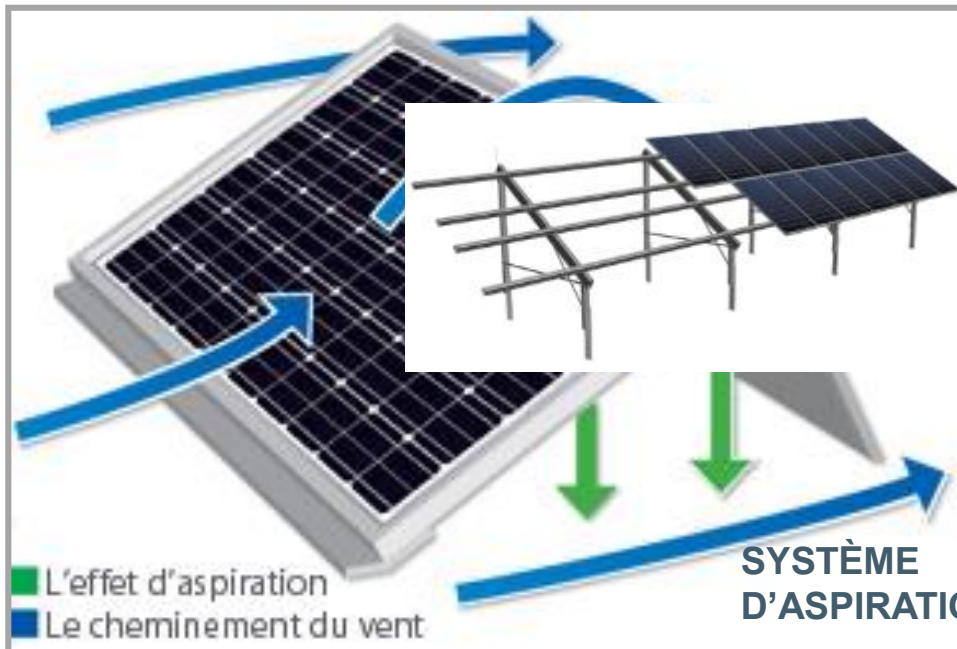
Intégration en toiture

► Toiture inclinée



...moins efficace
que...

Car PAS DE
ventilation par
dessous
→ refroidissement
→ meilleur η



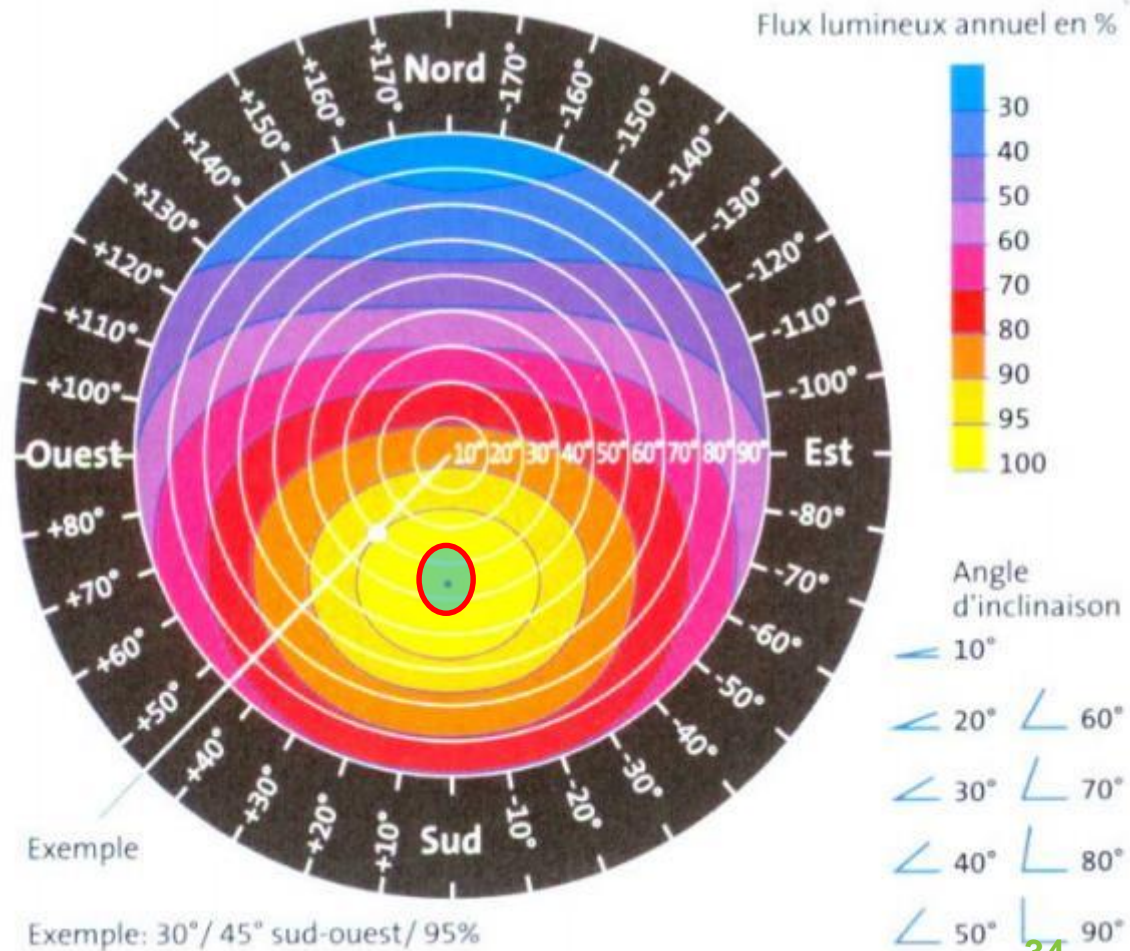
LESTAGE



Une installation solaire sur mon toit?

L'orientation

- Influence de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux
 - Optimum: Sud et 35°



Une installation solaire sur mon toit?

- Orientation «optimale »

- ▶ Production maximale par kWc
- ▶ Couverture 55% surface toiture
- ▶ Charge toiture élevée



Source: <http://groupe-electrogene.xtrmexport.com/>

- Orientation Est-Ouest

- ▶ Production maximale par m²
- ▶ Couverture 85% surface toiture
- ▶ Faible charge toiture



Source: <http://mm.stedebouwarchitectuur.nl>



Une installation solaire sur mon toit? Lestage nécessaire?

- Prise au vent
 - ▶ Glissement
 - ▶ Soulèvement
 - ▶ Renversement



Source: CSTC

DEMO!



Une installation solaire sur mon toit?

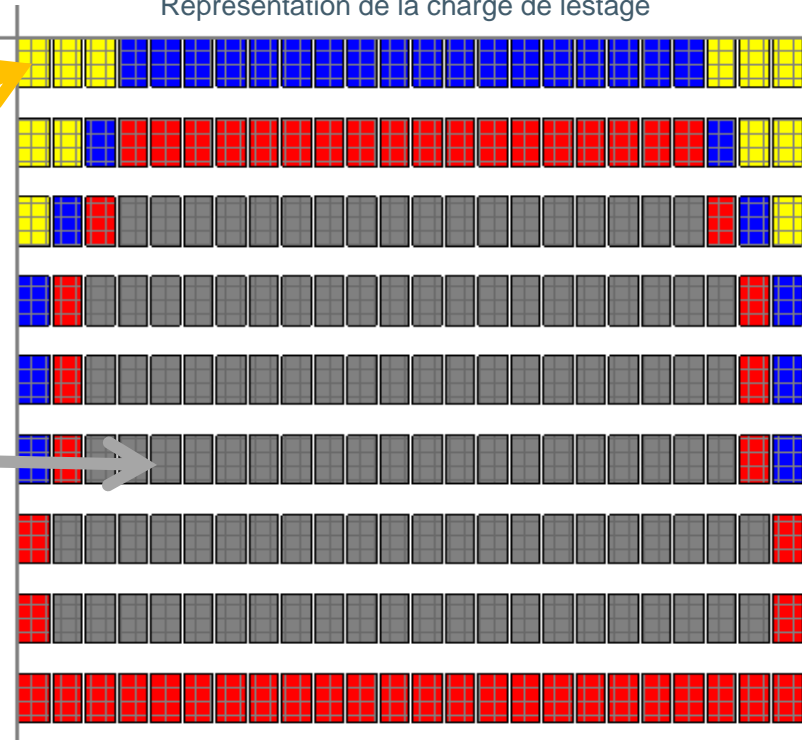
Surcharge de la toiture

- Toiture verte extensive: 30-100 kg/m²
- Toiture verte intensive: 100-400 kg/m²

- Pour une installation solaire 35°:

- ▶ Lestage de 450 kg/m²
- ▶ Lestage de 0-5 kg/m²

Représentation de la charge de lestage



Une installation solaire sur mon toit?

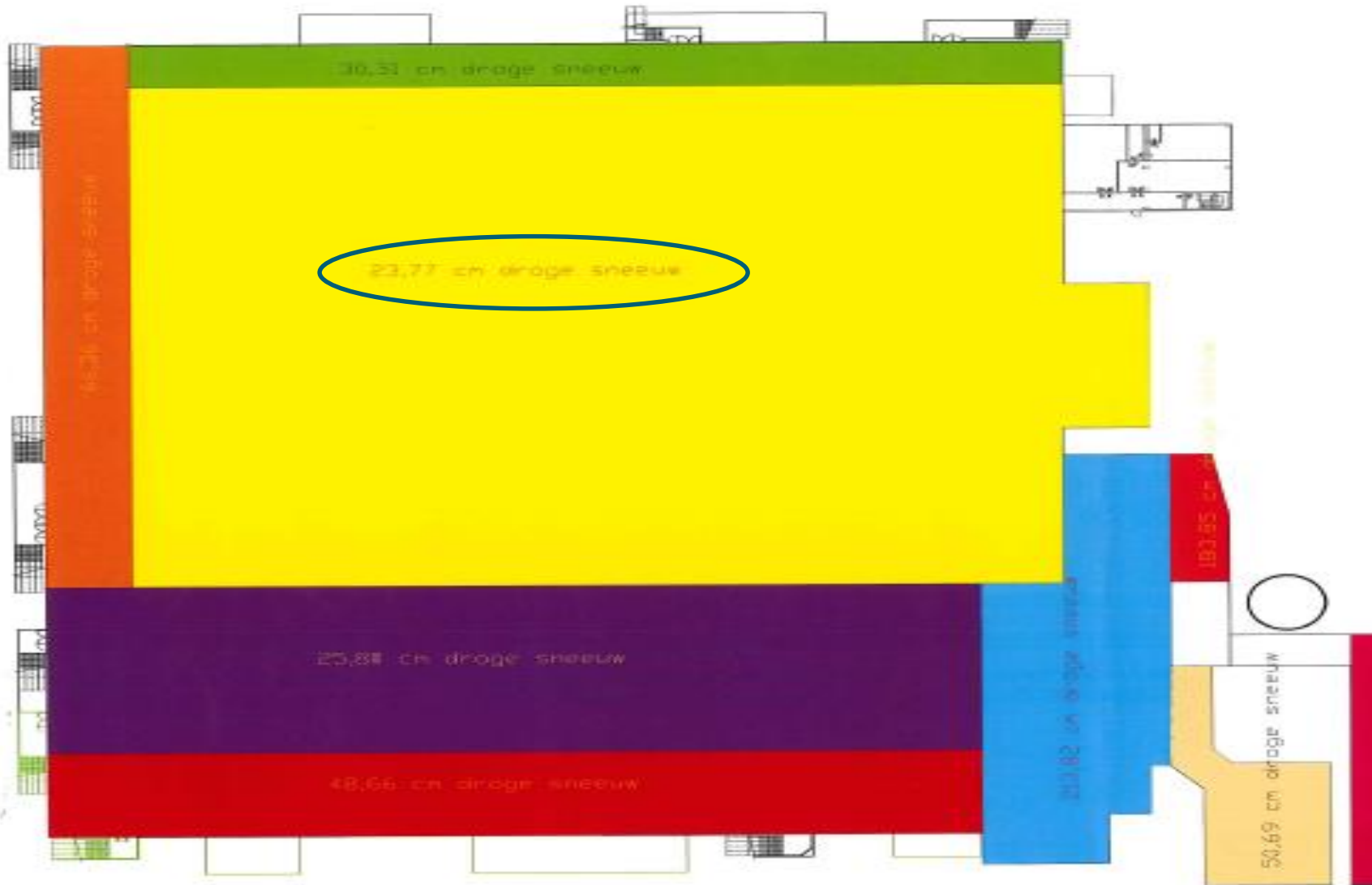
Surcharge de la toiture

- Surcharge admissible
 - ▶ NBN EN 1991–1–3
 - ▶ Charge fonction de l'altitude (charge de neige)
 - ▶ Pour moins de 100m → 30 cm de neige → 60kg/m²
 - ▶ Ajouter le poids des panneaux
 - ▶ Ajouter le poids du lestage
- Définir/Trouver les valeurs de conception du bâtiment



Une installation solaire sur mon toit?

Surcharge de la toiture



Une installation solaire sur mon toit?

Surcharge de la toiture



Une installation solaire sur mon toit?

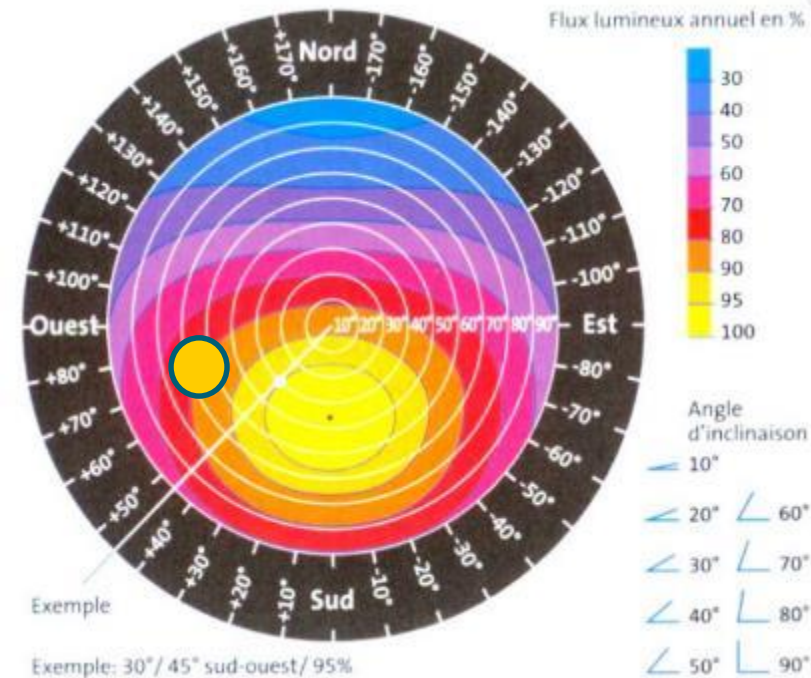
Surcharge de la toiture



Une installation photovoltaïque sur mon toit?

Orientation et inclinaison

- Le compromis
 - ▶ Sud et 15°?
- Avantages
 - ▶ Faible prise au vent
 - ▶ Couverture élevée +55% (1 orientation)
 - ▶ Faible charge toiture
 - ▶ Pertes rendements acceptables

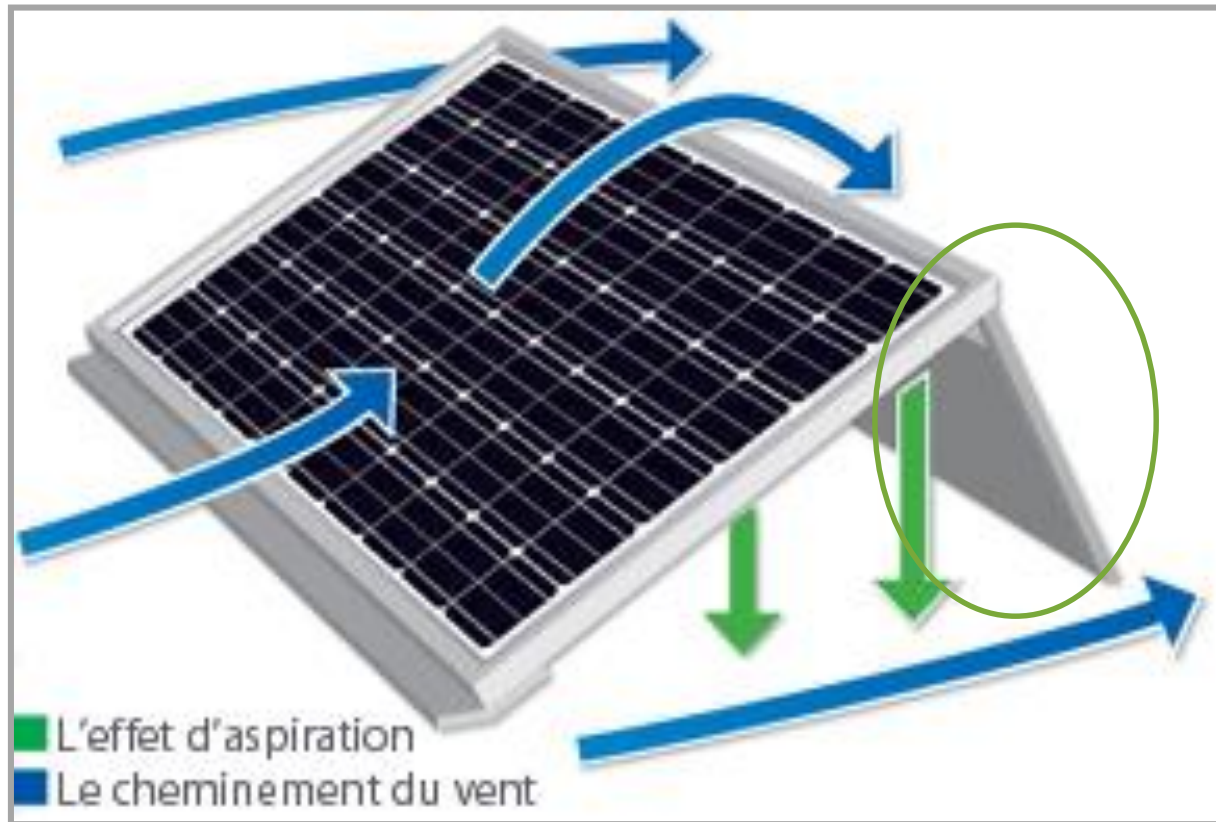


Source: apere.org



Une installation photovoltaïque sur mon toit?

Orientation et inclinaison



Source: archiexpo.fr



Une installation photovoltaïque sur mon toit?

Ombrage

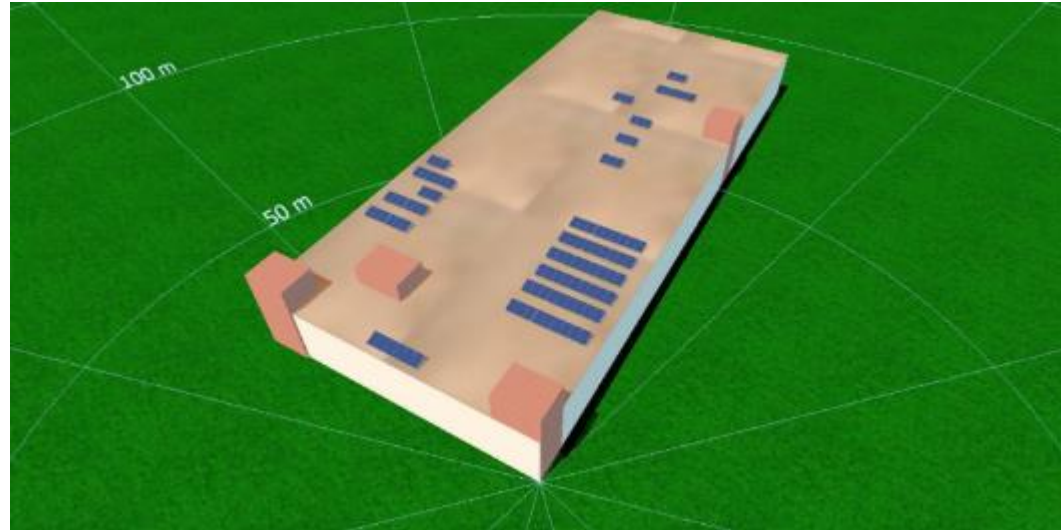
- 18 installations indépendantes
- +- 1kWc/installation
- 15° et +- Sud



Une installation photovoltaïque sur mon toit?

Ombrage

- Simulation
- $\pm 3 \times$ hauteur obstacle
- Situation au 21/12



Source: Cenergie



Une installation photovoltaïque sur mon toit?

Ombrage



Des combinaisons possibles: Des panneaux et une toiture verte?

- Amélioration de la diversité



Source: www.architectenweb.nl



Source : Dunett et Kingsbury « Toits et murs végétaux »

- ▶ Incompatible avec une orientation E-O: facteur de couverture de toiture trop élevé



Source: <http://mm.stedebouwarchitectuur.nl>

Des combinaisons possibles: Des panneaux et une toiture verte?

- Attention à l'entretien!

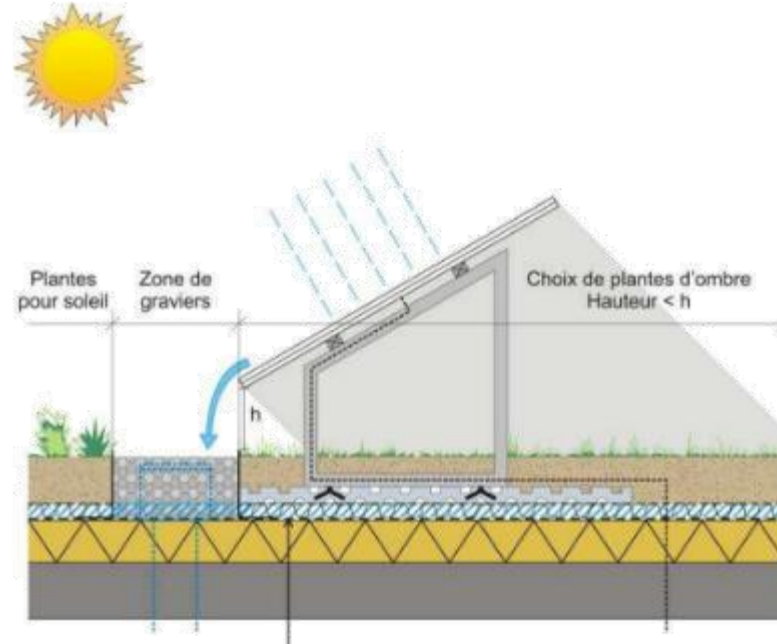


Source: Cenergie



Des combinaisons possibles: Des panneaux et la récupération d'eau de pluie?

- Qualité de l'eau: pas de problèmes
- Solaire + Récupération d'eau de pluie et toiture verte
 - ▶ Amélioration par rapport à une toiture verte classique



Source: Matriciel - BE



6. LES IMMEUBLES D'APPARTEMENT



Qui peut bénéficier de l'électricité produite

- Principe général
 - ▶ Interdiction de revente d'électricité
 - ▶ Libéralisation du marché: chacun a le choix de son fournisseur
- Solution?
 - ▶ Alimenter uniquement le(s) compteur(s) des communs
 - ▶ Profiter du chantier pour réaliser 1 champ de capteurs
 - › Divisé sur plusieurs onduleurs
 - › Chaque onduleur alimente 1 compteur
 - ▶ Compliqué d'un point de vue copropriété



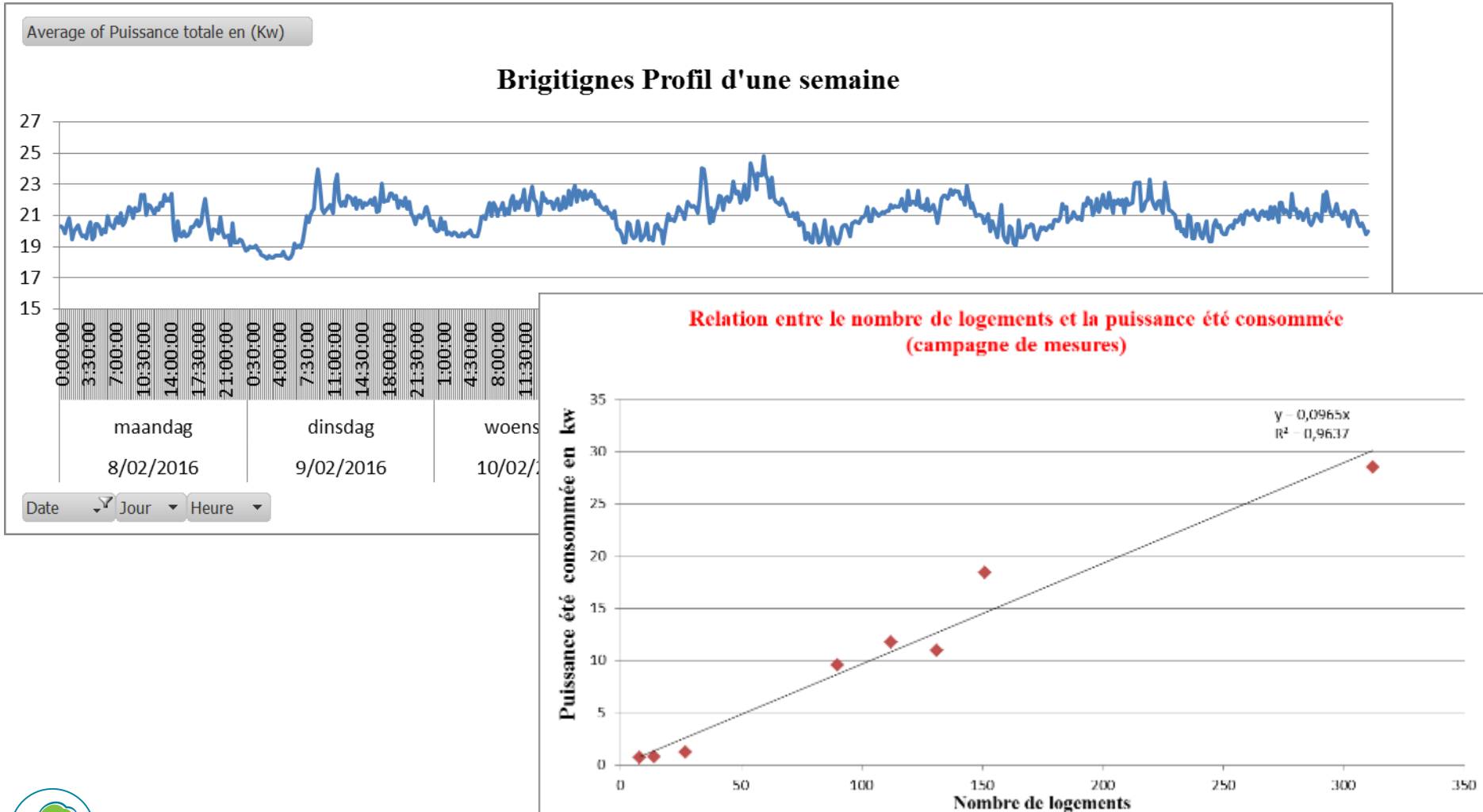
Quelle puissance installer?

- Etude en 2016 pour SLRB et Bruxelles Environnement
 - ▶ Enregistrement et analyse des profils électriques de communs
 - ▶ 16 bâtiments étudiés
 - ▶ Constats:
 - › Pas de fortes variations dans la journée
 - › Relation linéaire entre la taille et la puissance absorbée



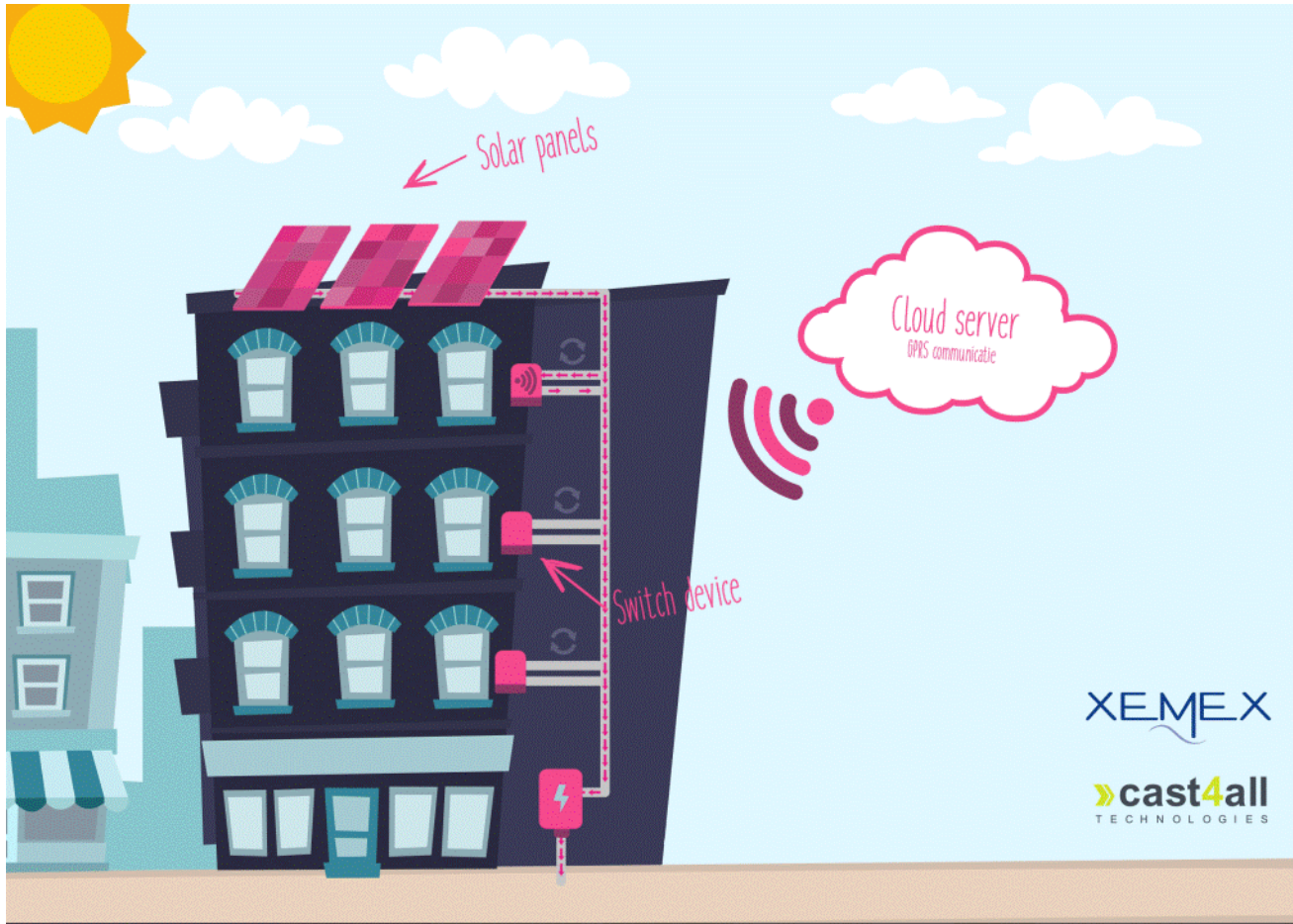
Quelle puissance installer?

- Etude en 2016 pour SLRB et Bruxelles Environnement



Solution alternative?

- Compteurs/découpleurs intelligents
 - ▶ Répartition des consommations en fonction de la côte part d'investissement...



Contrats type

Des modèles de contrats pour l'installation de panneaux photovoltaïques sur "toitures partagées"

Vous louez un bien équipé de panneaux photovoltaïques en toiture ? Vous voulez installer des panneaux photovoltaïques sur le toit d'un immeuble en copropriété, voire utiliser celui d'un immeuble voisin ? Mais, entre (co)propriétaire, locataire, copropriété et voisin, qui fait quoi, qui paye quoi, qui est responsable de quoi ? Référez-vous aux modèles de contrats!

Des modèles adaptés aux différents cas

Pour définir clairement les modalités d'utilisation de ces « toitures partagées » pour des panneaux photovoltaïques, Bruxelles Environnement met à votre disposition des contrats-types : des clauses à intégrer au bail en cas de location d'un bien, des modèles de contrat de location ou de mise à disposition de la toiture et des clauses-types pour procès-verbal d'assemblée de copropriétaires. Ces modèles vous permettent de clarifier les termes de l'accord entre les différents intervenants et peuvent servir de base à la rédaction de vos documents officiels.

Identifiez votre situation en bas de page pour retrouver les modèles de documents correspondants.

Besoin d'aide ?

Si vous êtes un particulier ou une copropriété de moins de 6 unités, contactez le Back-Office énergies renouvelables de la Région de Bruxelles Capitale au hbr@apere.org - <http://www.apere.org/fr/toitures-partagees> ou via le 02/209 04 09 les mardi et jeudi de 9h30 à 16h30.

Si vous êtes un professionnel ou une copropriété plus grande, contactez le Facilitateur Bâtiment Durable au 0800/85.775 - facilitateur@environnement.brussels - www.environnement.brussels/facilitateur

Vous êtes
unique
propriétaire du
bien

Vous êtes
copropriétaire

Vous êtes
représentant
d'une
copropriété

Vous êtes
locataire

Vous êtes voisin
mitoyen



7. OPTIMISATION DES INSTALLATIONS



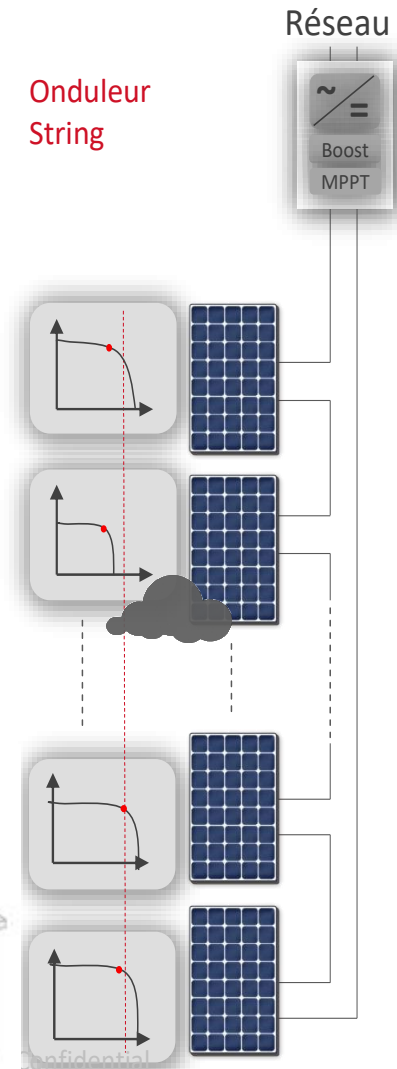
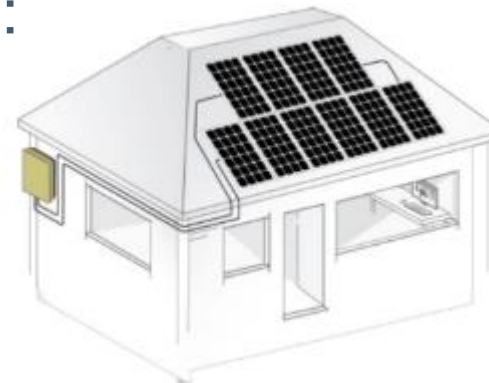
Optimisation des installations

- Si installation existante
 - ▶ Vérifier état de l'installation, propreté,...
 - ▶ Contrôle de la production par string
 - ▶ Nettoyage éventuel
 - ▶ Simulation de la production $><$ production réelle
 - ▶ Optimisation financière: minimiser la réinjection
- Si installation neuve
 - ▶ Ajout d'optimiseurs
 - ▶ Profiter du chantier pour réaliser 1 champ de capteurs
 - › Divisé sur plusieurs onduleurs
 - › Chaque onduleur alimente 1 compteur
 - ▶ Compliqué d'un point de vue copropriété



Optimisation des installations

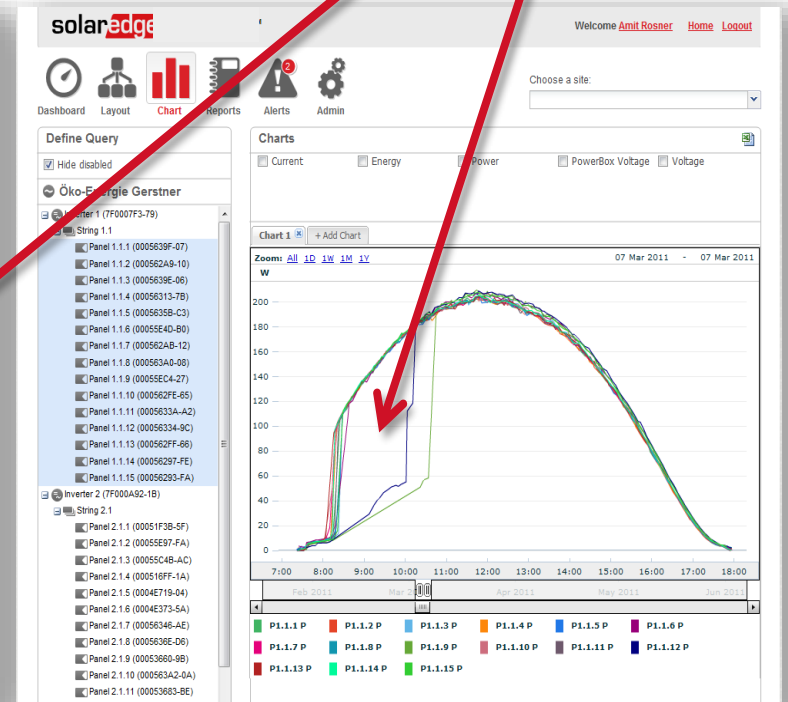
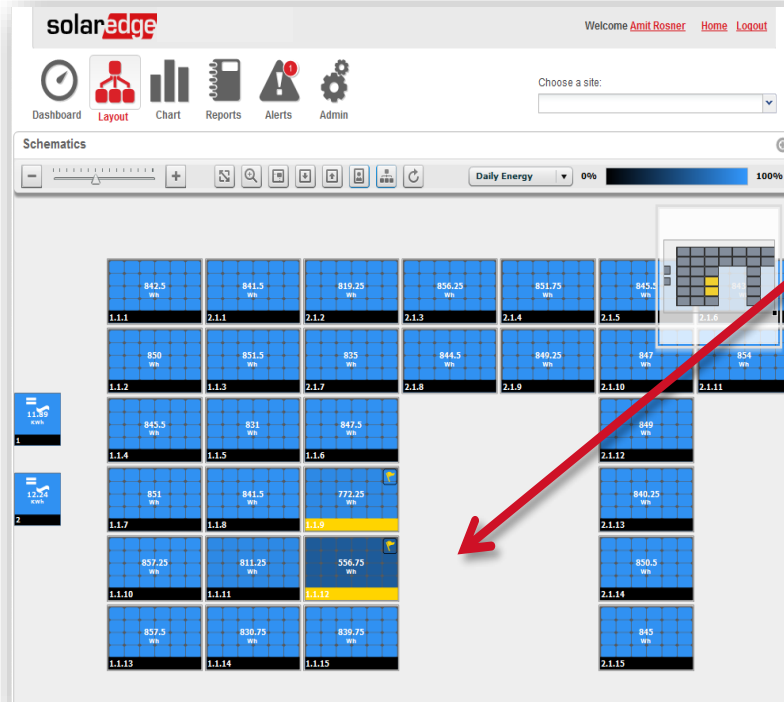
- Optimiseurs/Micro-onduleurs
 - ▶ Principe: Optimiser la production par panneau sans pénaliser le string entier
 - ▶ 2 options
 - › Micro-onduleur par panneau passage DC en AC
 - › Optimiseur DC-DC MPPT
- Permet le suivi par panneau
- Orientation (et ombrage) différent possible
- Tolérances de fabrication pas pénalisant
- Fabricants les plus représentés:
 - ▶ Enphase (micro-onduleur)
 - ▶ SolarEdge (optimiseur DC-DC)



Optimisation des installations



Optimisation des installations



Optimisation des installations

- PID: Potential induced degradation
- Peut atteindre une chute de performance de 20%
 - ▶ (d'après le fabricant)
- Inverser l'effet du PID
- Comment? Injecter du courant dans le sens inverse la nuit.
- Pas d'expérience avec le produit
- Nouveaux modules « No-PID »

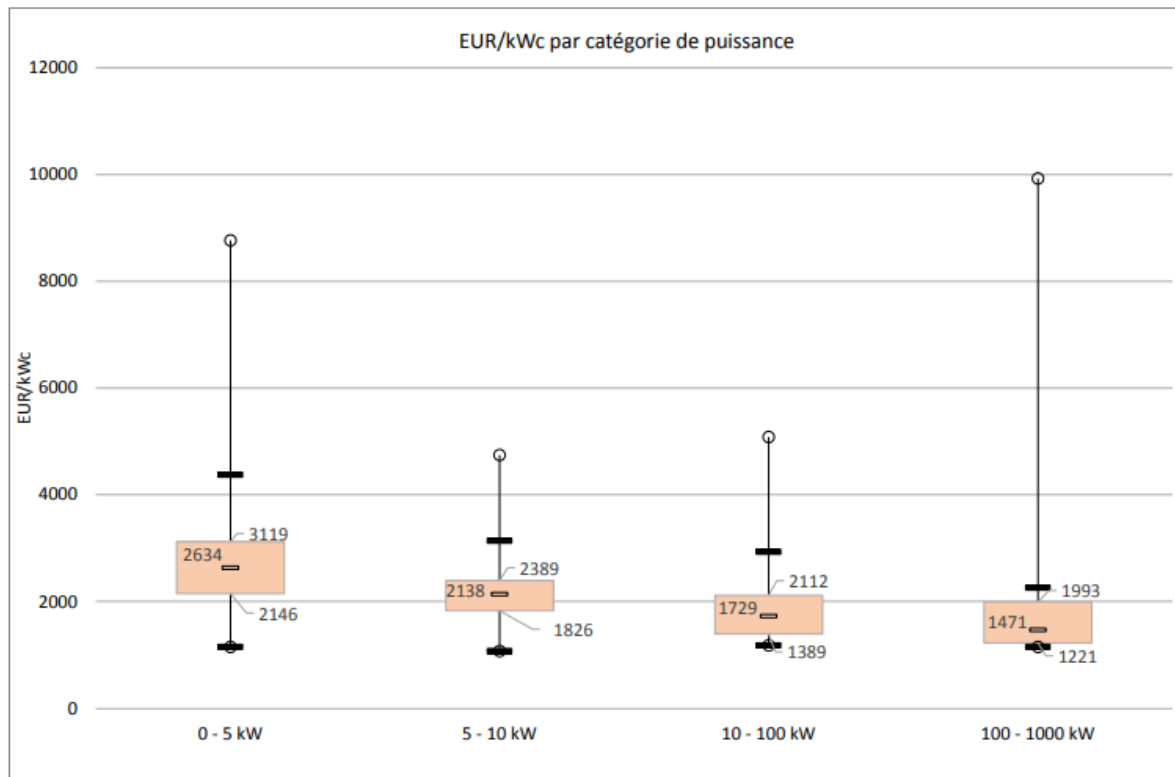


8. ASPECTS FINANCIERS



Coût : Investissement

- Baisse des prix en €/kW_c
- < 2000 €/ kW_c
 - < 5 kW_c : 2.600 €/kW_c
 - < 10 kW_c : 2.100 €/kW_c
 - 10-100 kW_c: 1.700 €/kW_c
 - > 100: 1.400 €/kW_c



(Source : Brugel)



Coût : Aides à la production et Economie (Bruxelles)

- Nombre de certificats verts octroyés a BXL (date de mise en service postérieure au 02/08/2013)

Octroi de certificats verts			Revenus financiers
	# de CV/MWh	1 CV pour la production de	PRIX MARCHÉ (CV à 85 €)
Toutes tailles	2,4 CV / MWh	417 kWh	204 €/MWh

- Aides calculées pour TRS = ...7-8... ans (voir Brugel)
- Durée d'obtention des CV: max. 10 ans après mise en service (possibilité d'extension dans certaines situations)
- Validité des CV : 5 ans

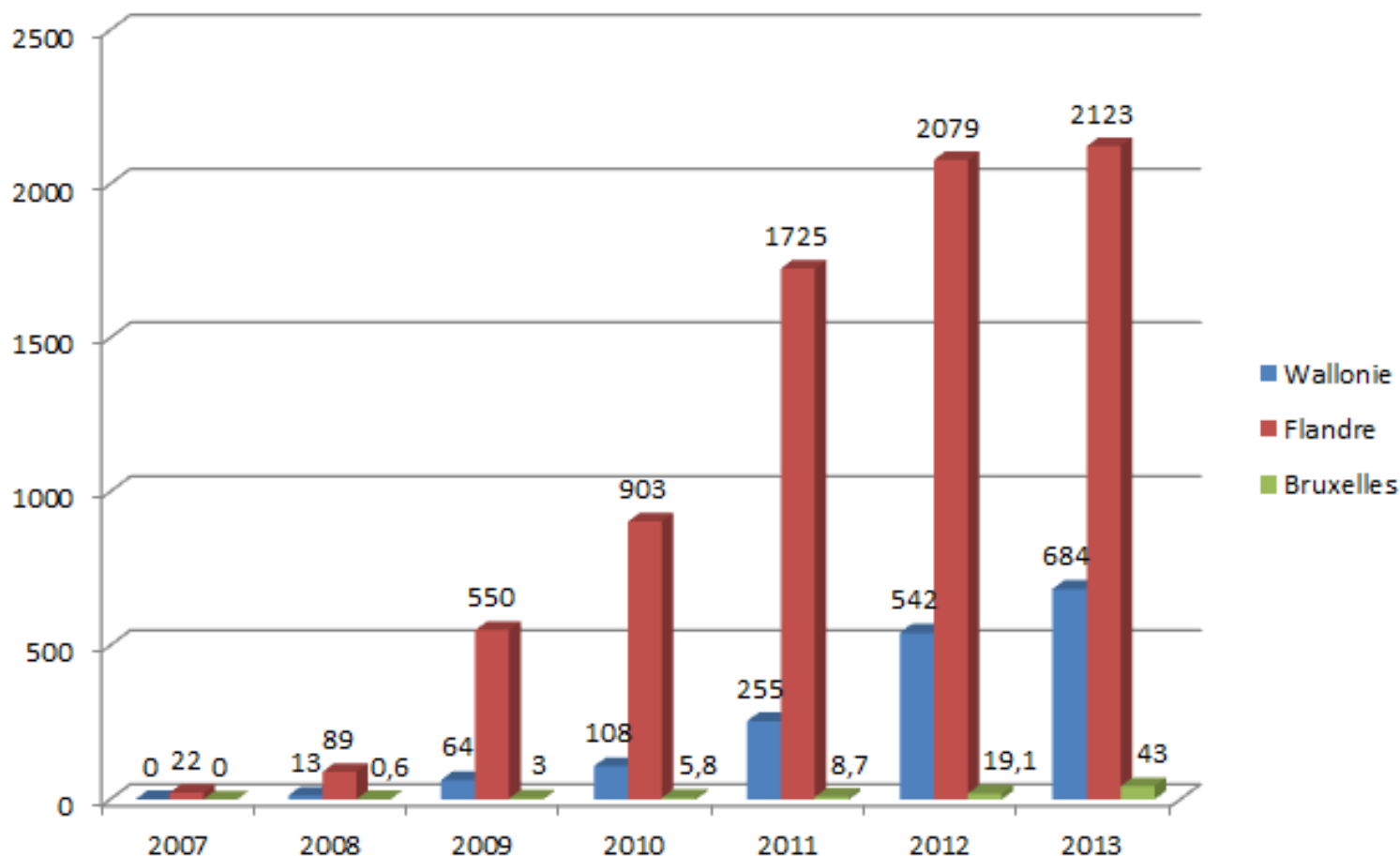
- **Economie : attention à la compensation !**

àpd 2020-2022!

- ~~Si < 5 kWc : le compteur « tourne à l'envers » = « compensation »~~
- Si ≥ 5 kWc : ce qui n'est pas consommé instantanément est perdu (idéalement vendu $\sim 0,04\text{€/kWh}$) → auto-consommer le maximum !



Puissance installée et perspectives



Source: EF4 asbl

Au 31/12/2013	Wallonie	Flandre	Bruxelles
Début du mécanisme de soutien	2008	2006	2008
Puissance installée	684 MW	2123 MW	43 MW
Puissance installée par habitant	195 Wc/hab	337 Wc/hab	38,5 Wc/hab



Outil, websites, ...

< 5 kWc : Simulateur financier photovoltaïque : <http://sifpv-bxl.apere.org/>

1 LOCALISATION DU PROJET 2 DONNÉES FINANCIÈRES 3 INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE 4 COÛT D'INVESTISSEMENT 5 RÉSULTATS

3 Installation photovoltaïque

Puissance crête de l'installation : 2.85 kWc

Introduisez la puissance de votre installation (en kilowatt-crête) ou déterminez la puissance maximale possible de votre toit.

ATTENTION : Le principe de compensation des installations dont l'onduleur est défectueux est différent.

Plus d'infos sur www.bruxelles-region.be

Production photovoltaïque annuelle : 2572 kWh/an

Introduisez la production photovoltaïque annuelle (à partir du calculateur proposé).

Perte de rendement annuelle : 0.5 %

Calcul du potentiel photovoltaïque de votre toiture

Type de toiture : Toiture inclinée

Surface de toiture disponible : 15 m²

La surface de toiture disponible détermine la puissance crête maximale pouvant être installée.

Type de technologie : Monocristallin haute performance

Rendement des modules : 19 %

Puissance crête maximale calculée : 2.85 kWc

Calculer le résultat Annuler

Etape précédente Etape suivante

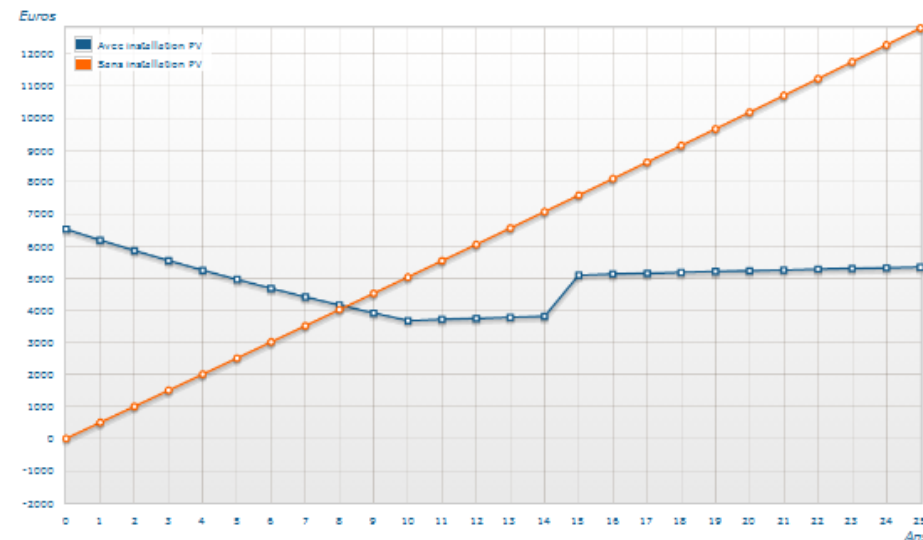
Démonstration « live »
au cours

5 Résultats

Imprimer les résultats

Consommation électrique

coût total actualisé pour l'électricité (sur 25 ans) avec ou sans installation photovoltaïque



kWh/kWc ?

→ PVGIS: <http://photovoltaic-software.com/pvgis.php>



Outil, websites, ...

Pvcalc (pour toutes installations)

Bepaling van de afmetingen van de fotovoltaïsche installatie

1ste stap : Bepaling van uw elektriciteitsverbruik

Activiteitssector

Tertiaire sector

Vloeroppervlakte =

1.000

m²

Facturen

Schatting

Jaarlijks elektriciteitsverbruik van de locatie

105.000

kWu/jaar

2de stap : Bepalen van het vermogen van de installatie

Beschikbare oppervlakte van dak

1.000,0

m²

Type van montage

Plat dak

Oriëntatie van de panelen

Zuiden

Hellingshoek van de panelen

35°

Type van technologie

Polykristallijn (silicium)

Zonneproduktiefactor

926

Maximaal vermogen van de fotovoltaïsche generator

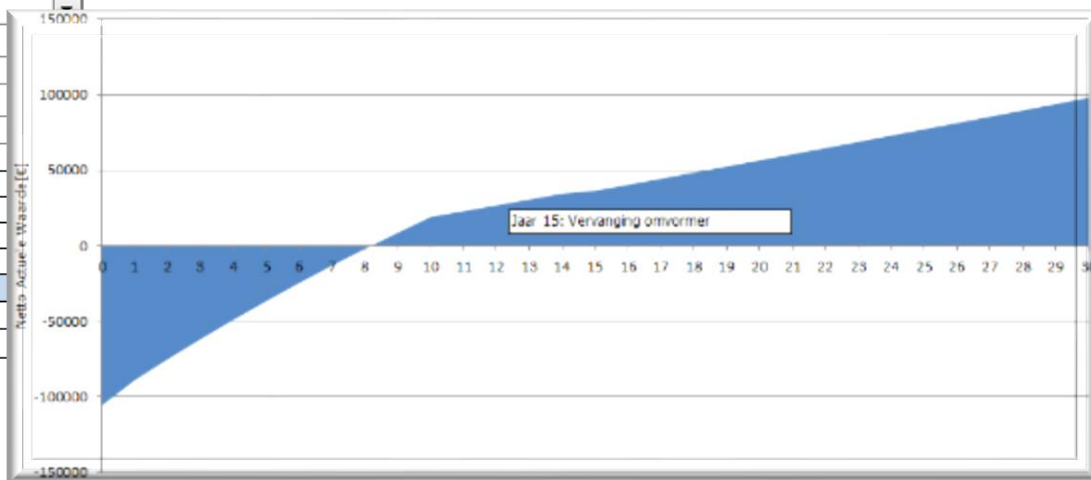
65,00

Gewenste vermogen van de fotovoltaïsche generator

65,00

Collectoroppervlakte

500



Disponible sur www.environnement.brussels



[Accueil](#) > [Professionnels](#) > [Votre secteur d'activité](#) > [Bâtiment \(constr., renovation, gestion\)](#) > [L'énergie verte](#) > [Solaire photovoltaïque](#) > [conception](#)

Points d'attention lors de la conception

Liens provenant du Guide Bâtiment Durable

1. Limiter la consommation électrique du bâtiment

- Limiter la consommation électrique consécutive à l'éclairage
 - Dossier du Guide | [Optimiser l'éclairage artificiel](#)
- Limiter la consommation électrique consécutive aux appareils
 - Dossier du Guide | [Limiter les charges thermiques](#)
- Éviter le refroidissement actif, *utiliser* le refroidissement passif
 - Dossier du Guide | [Appliquer une stratégie de refroidissement passif](#)
- Produire le plus efficacement possible l'éventuelle demande en froid
 - Dossier du Guide | [Choisir les meilleurs modes de production de refroidissement renouvelable](#)
- Distribuer efficacement le chauffage, le refroidissement et la ventilation
 - Dossier du Guide | [Garantir l'efficacité des installations de chauffage et ECS \(distribution et émission\)](#)
 - Dossier du Guide | [Concevoir un système de ventilation énergétiquement efficace](#)

2. Évaluer la consommation électrique résiduelle

- Déterminer la consommation électrique : consommation annuelle et de préférence consommation mensuelle et, le cas échéant, le profil quotidien
 - Page du Guide | [Évaluer la consommation électrique résiduelle](#)



Points d'attention lors de la conception

Liens provenant du [Guide Bâtiment Durable](#)

3. Évaluer le potentiel de fourniture d'énergie électrique renouvelable

- Superficie de toiture disponible. Capacité portante de toiture disponible. Ombrage, orientation et inclinaison.

- Page du Guide | [Évaluer le potentiel de fourniture d'énergie électrique renouvelable](#)

4. Analyse coûts-efficacité + choix du système

- Analyse économique des différentes techniques (simulation avec technologies, orientation, ombrage, superficie,...) avec outils.
- Choix du système ou de plusieurs systèmes (attention garantie onduleur < ou > 10 ans, garantie de rendement)

- Page du Guide | [Analyse coûts-efficacité + choix du système](#)

5. Conception du ou des systèmes choisis

- Conception du système: étanchéité toiture, fixation sur toiture, circulation d'air, onduleur « au frais », pertes câbles < 2%...

- Page du Guide | [Conception du ou des systèmes choisis](#)

6. Contrôle du fonctionnement et optimisation du réglage

- Suivi de la production et de son adéquation avec les attentes

- Page du Guide | [Contrôle du fonctionnement et optimisation du réglage](#)



Outils, sites internet, etc... intéressants :

- Bruxelles Environnement:
 - ▶ [Solaire PV](#)
- Apere
 - ▶ www.apere.org
- Brugel
 - www.brugel.be
- Youtube:
 - Explications par Prof. Arno Smets (anglais): DelftX Solar Energy MOOC

Références Guide Bâtiment Durable :

- [Page d'accueil](#) du Guide Bâtiment Durable
- [Dossier | Intégrer des installations pour la production d'électricité renouvelable](#)



Ce qu'il faut retenir de l'exposé

- Energie solaire
 - ▶ Disponible en quantité
 - ▶ Ombrage, orientation, inclinaison!
- PV adaptés à du neuf et à de la rénovation
 - ▶ Superficie disponible
 - ▶ Charge sur toiture
 - ▶ Importance de l'ombrage
 - ▶ Optimisation par bonne conception
- Outils simples pour étude de pertinence d'un projet





Jonathan FRONHOFFS

Chef de projets

02.513.96.13

info@cenergie.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

