

Le projet Photovolta

Nicolas BARREAU (EC Dpt Phys)
nicolas.barreau@univ-nantes.fr

Ludovic ARZEL (EC Dpt Phys)
ludovic.arzel@univ-nantes.fr

Jean-Yves LEBLIN (Ing. Lina)
Jean-Yves.Lebelin@univ-nantes.fr



Photovolta
La centrale photovoltaïque de
l'université de Nantes

www.photovolta2.univ-nantes.fr



UNIVERSITÉ DE NANTES

UFR Sciences et Techniques
(Dpt Physique, Dpt Informatique)
IUT Informatique



LABORATOIRE D'INFORMATIQUE
DE NANTES ATLANTIQUE

Le projet depuis ... jusqu'à ... demain



Contexte politico-scientifico-socio-universitaire ...

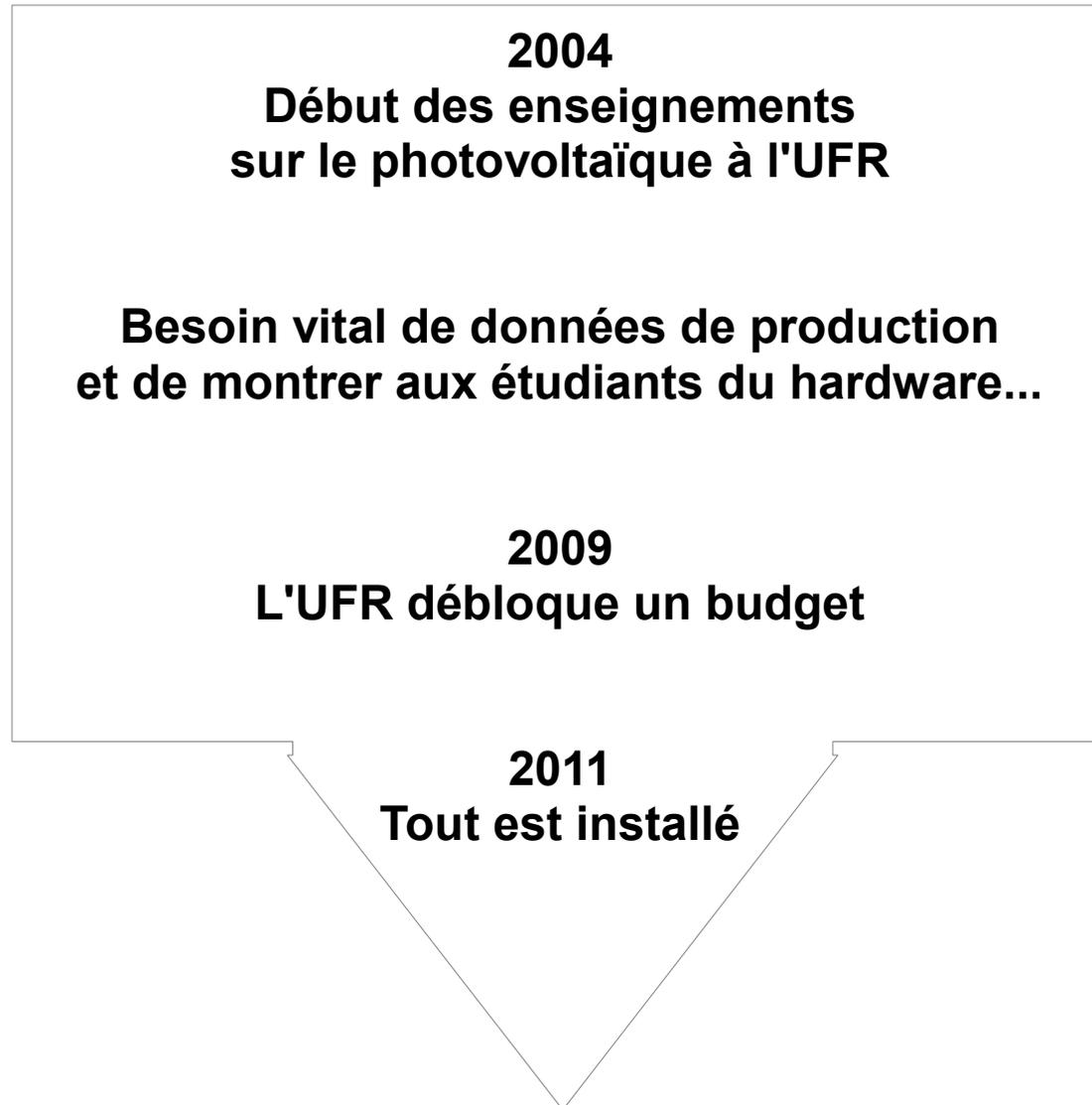
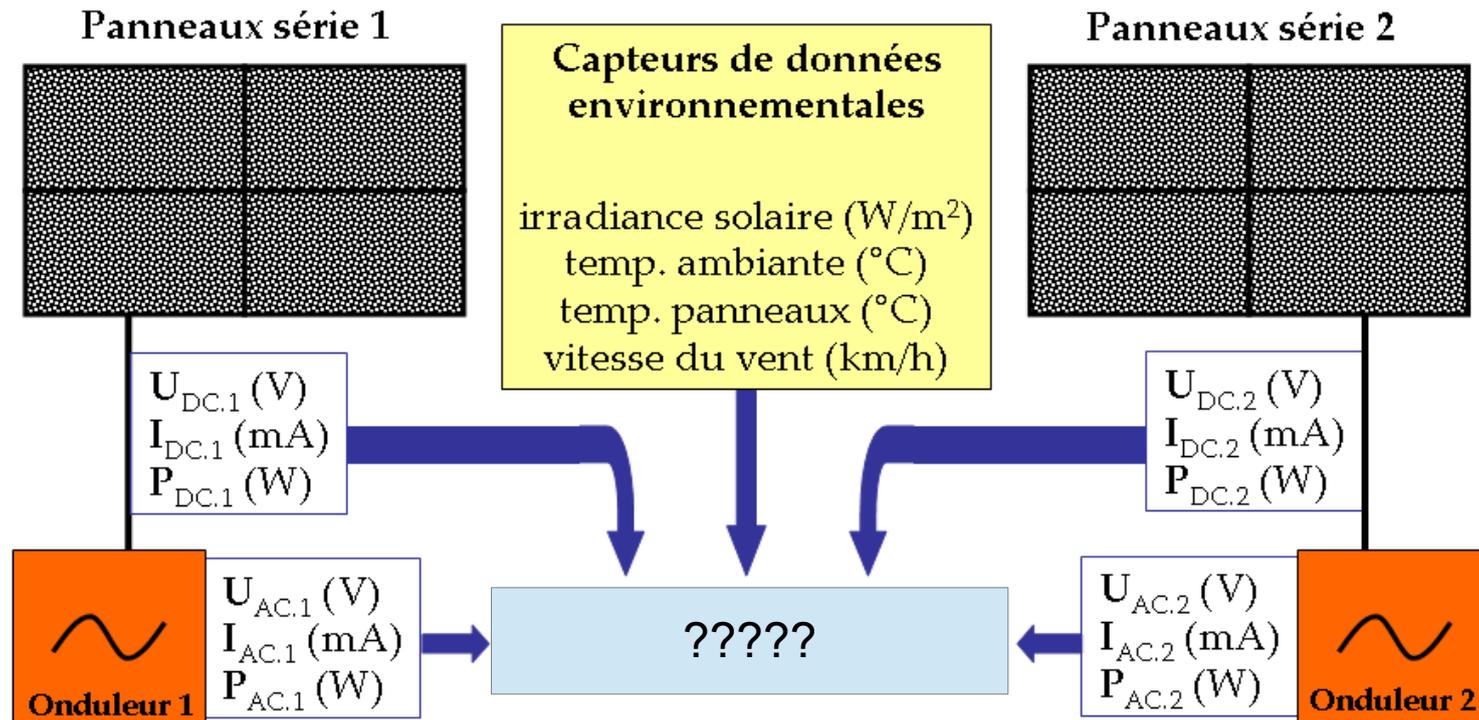


Schéma du système d'origine de Photovolta

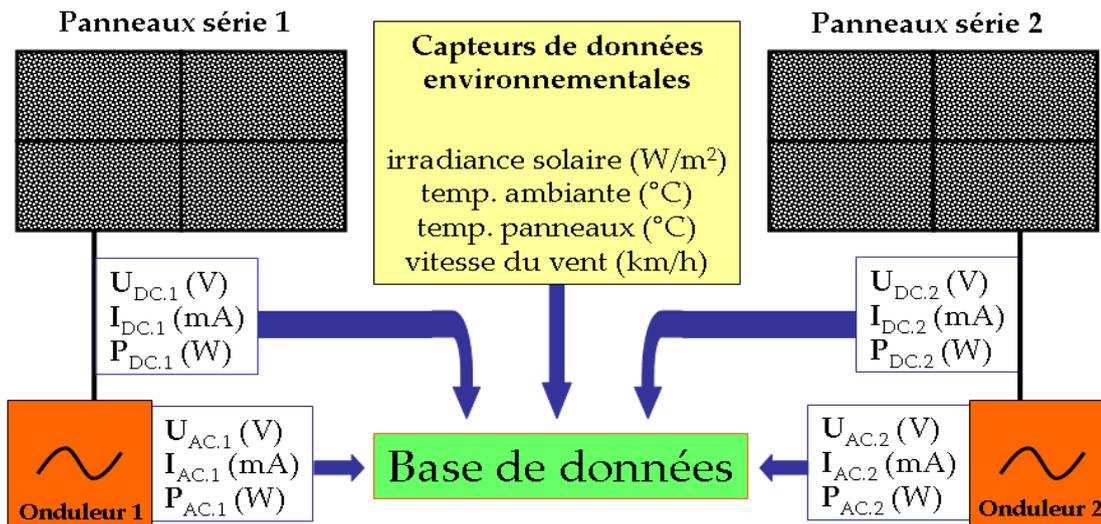


Chaque série de panneaux :
 4 panneaux Sanyo HIP-240-HDE4
 puissance totale : $4 \times 240 \text{ Wc} = 960 \text{ Wc}$
 surface totale : $4 \times 1,38 \text{ m}^2 = 5,52 \text{ m}^2$
 onduleur : SMA Sunny Boy 1200

Latitude : $47^{\circ}14'20.76''N$
 Longitude : $1^{\circ}33'30.24''W$



Schéma du système d'origine de Photovolta



Chaque série de panneaux :
4 panneaux Sanyo HIP-240-HDE4
puissance totale : $4 \times 240 \text{ Wc} = 960 \text{ Wc}$
surface totale : $4 \times 1,38 \text{ m}^2 = 5,52 \text{ m}^2$
onduleur : SMA Sunny Boy 1200

Latitude : $47^{\circ}14'20.76''N$
Longitude : $1^{\circ}33'30.24''W$



Besoin de

- automatiser
- rationaliser
- stocker
- partager
-

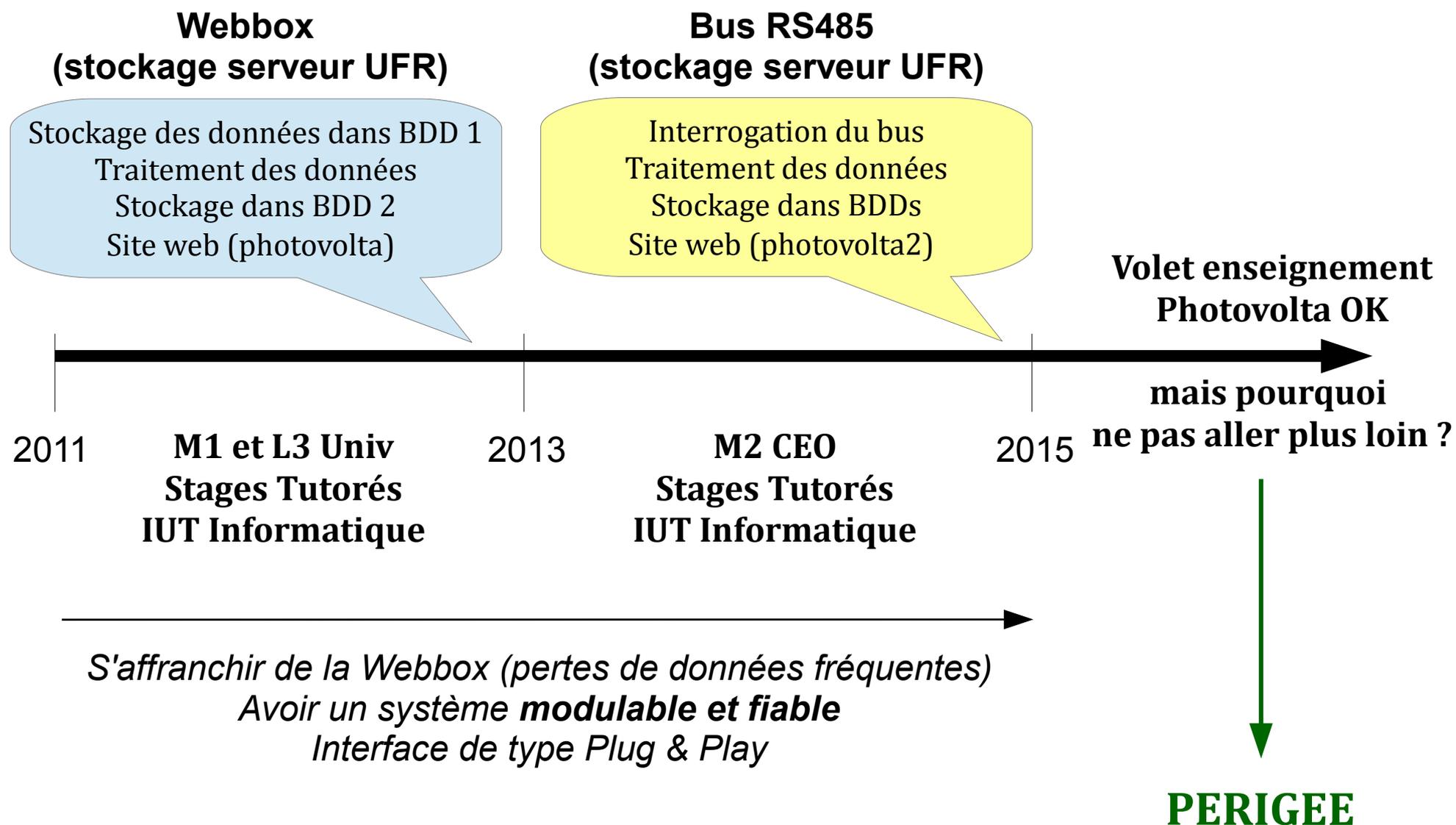
**Créer un réel outil pédagogique
À la fois lors de sa conception
et de son utilisation**

Données stockées via Webbox de SMA

**Boite noire qui génère des fichiers
dont le format (.csv et/ou zip), la taille, la fréquence d'envoi,
l'adaptabilité à d'autres systèmes n'est pas
plaisante... (+langage SMA)**



De l'idée au consortium local trans-disciplinaire





Présentation du site Web

Et

des possibilités Pédagogiques



La micro centrale de l'UFR sciences de Nantes



2 x 4 panneaux en série Pmax =
 2 x 240* 4 =
 2 x 960 Wp = 1920 Wp



	Modèles HIT-xxxHDE4	
Données électriques	240	235
Puissance maximum (Pmax) [W]	240	235
Tension de crête maximale (Vpm) [V]	35,5	35,1
Courant de crête maximale (Ipm) [A]	6,77	6,70
Tension en circuit ouvert (Voc) [V]	43,6	43,4
Courant de court circuit (Isc) [A]	7,37	7,33
Puissance minimum garantie (Pmin) [W]	228,0	223,3
Protection max. par surintensité inverse [A]	15	
Tolérance de puissance de sortie [%]	+10/-5	
Tension maximum de système [Vdc]	1000	
Coefficient de température de Pmax [%/°C]	-0,30	
Coefficient de température de Voc [V/°C]	-0,109	-0,109
Coefficient de température de Isc [mA/°C]	2,21	2,20
Note 1: Conditions standards de test: masse d'air 1,5; irradiance = 1000 W/m ² , Température de cellule = 25 °C.		
Note 2: Les valeurs du tableau ci-dessus sont nominales.		

Objectif : comparer le comportement pour deux situations différentes (1 et 2):

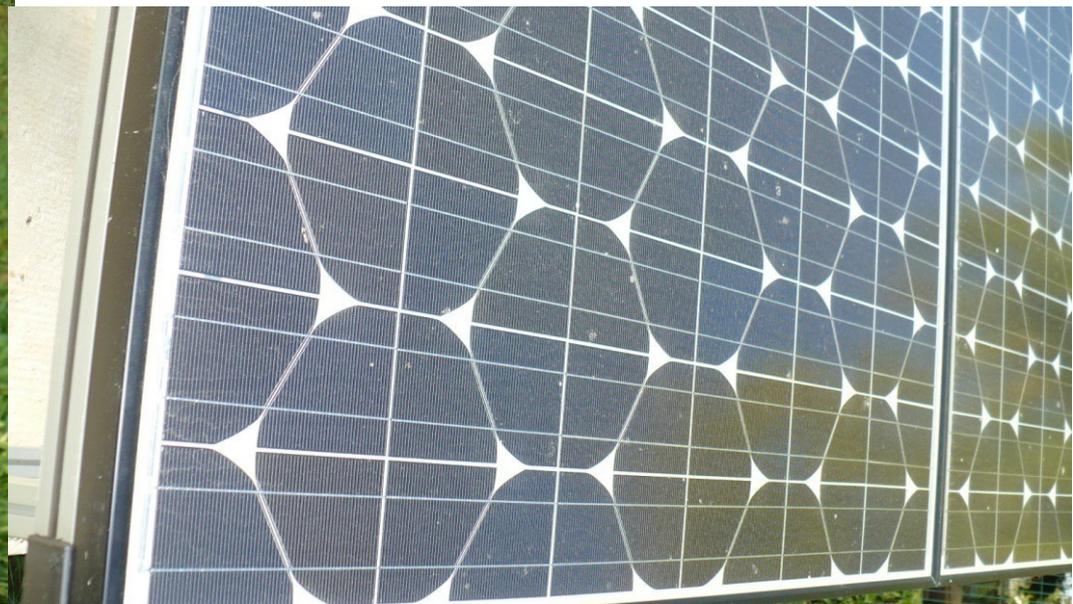
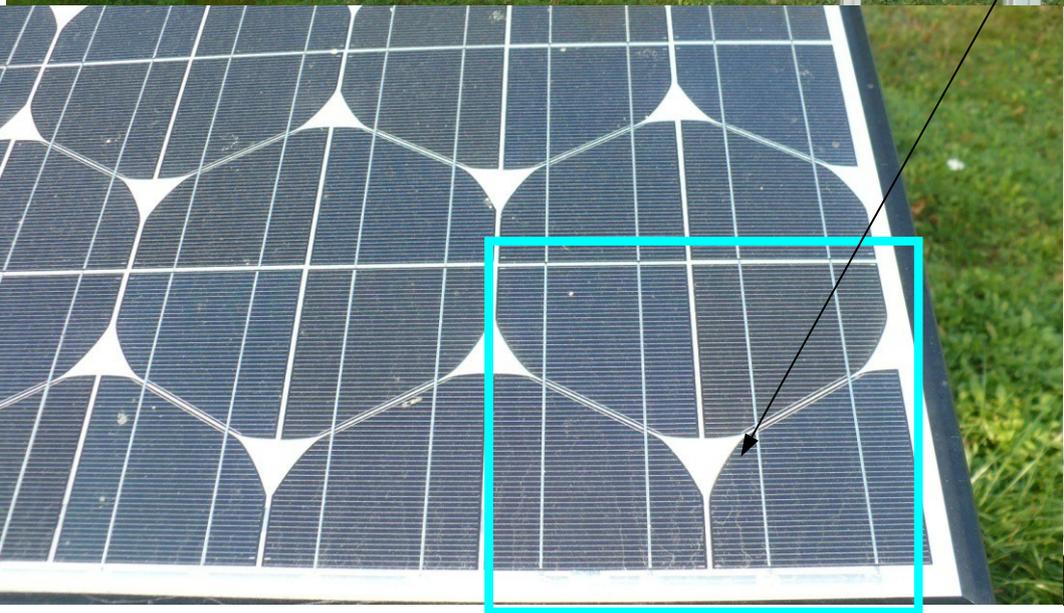
- Inclinaison
- Isolation

Avec techno silicium : facile à modéliser

Dans un premier temps : configuration identique

Modèle	Rendement de la cellule	Rendement du module
HIT-240HDE4	20,0%	17,3%

60 « cellules » en série : en fait
4x¼ en parallèle



Inclinaison $i = 20^\circ$
Orientation = Sud $\gamma = 0^\circ$

surface = $(4 \cdot 0.861 \cdot 1.61) = 5.55 \text{ m}^2$;

Capteur : Eclairement Global horizontal Gh (W/m^2). Module silicium amorphe



Tback(°) = Sonde de température au dos
Ta (°) = Temp ambiante



Onduleur SMA = Pnominal = 1200 W

-Performance photovoltaïque à Pmax : $V_{pm}=V_{pv}$, $I_{pm}=I_{pv}$, $P_m=P_{pv}$

-Performance électrique AC après onduleur : I_{ac} , V_{ac} , P_{ac}

-Mesure toutes les 5 minutes

-Webbox , sunnyportal <http://www.sunnyportal.com/Templates/Start.aspx>

	A(X1)	B(X2)	C(Y2)	D(Y2)	E(Y2)	F(Y2)	G(Y2)	H(Y2)	I(Y2)	J(Y2)	K(Y2)	L(Y2)
Long Name	date	G	Ta	Tback	Iac	Ipv	Pac	Uac	Upv	Tm	Tm-Ta	Ppv
Units	Heure	W/m ²	°C	°C	mA	mA	W	Volt	Volt	°C	°C	W
Comments												
Sparklines												
144	12:25	579,73	26,09	46,9	2607,47	5159,12	605,29	232,27	125	48,63919	22,54919	644,89
145	12:30	589,2	25,52	46,18	2641,65	5221,43	611,04	231,43	124,65	47,9476	22,4276	650,85125
146	12:35	598,64	26,16	46,15	2669,44	5270,3	617,32	231,38	124,78	47,94592	21,78592	657,62803
147	12:40	605,98	25,89	45,51	2691,98	5295,24	623,55	231,74	125,45	47,32794	21,43794	664,28786
148	12:45	610,16	26,44	45,2	2707,82	5302,86	627,14	231,74	126,02	47,03048	20,59048	668,26642
149	12:50	616,78	26,26	45,63	2731,12	5351,4	629,94	230,77	125,42	47,48034	21,22034	671,17259
150	12:55	624,53	26,51	45,49	2756,86	5399	636,71	231,08	125,63	47,36359	20,85359	678,27637
151	13:00	629,02	26,47	45,3	2771,73	5438,82	640,94	231,35	125,55	47,18706	20,71706	682,84385
152	13:05	634,63	26,24	45,27	2777,65	5500,65	644,37	232,08	124,8	47,17389	20,93389	686,48112
153	13:10	641,02	26,78	46,07	2778,88	5519,5	645,06	232,25	124,5	47,99306	21,21306	687,17775

- T extérieure
- T module
- Irradiance (W.m⁻²)
- Vent

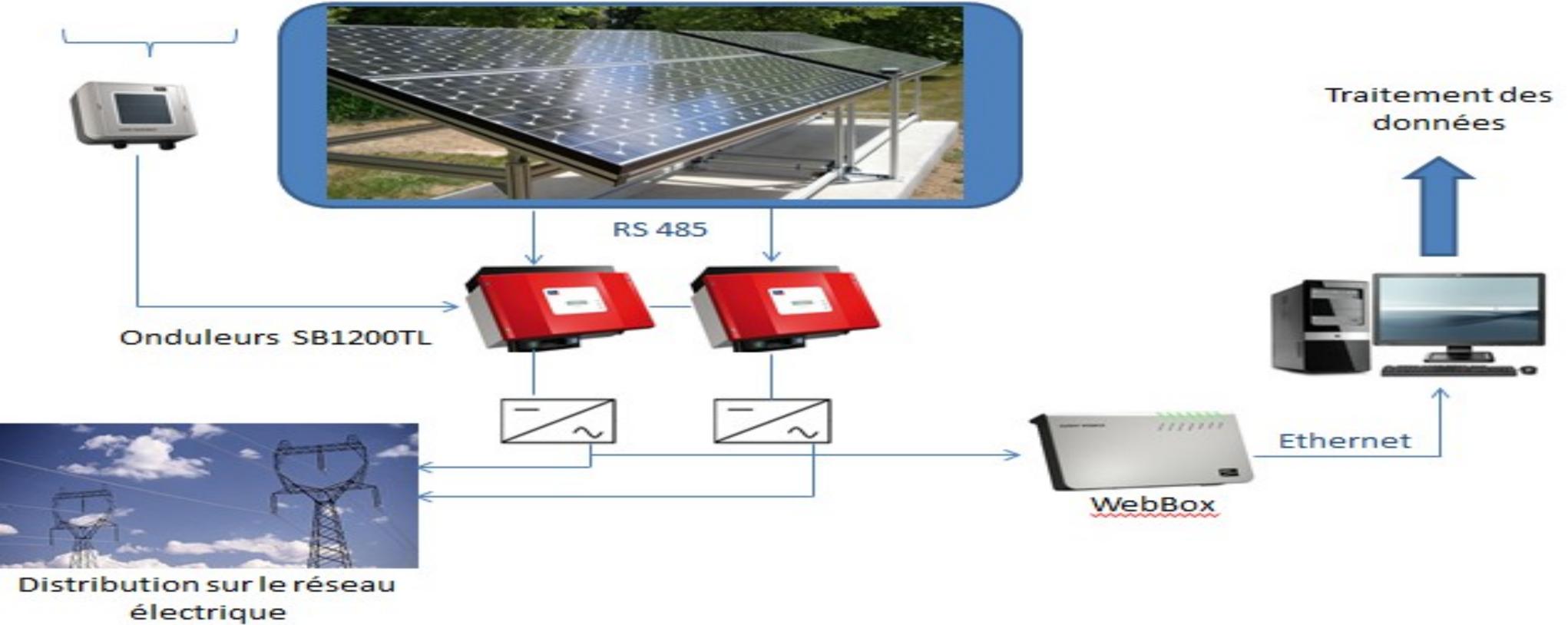


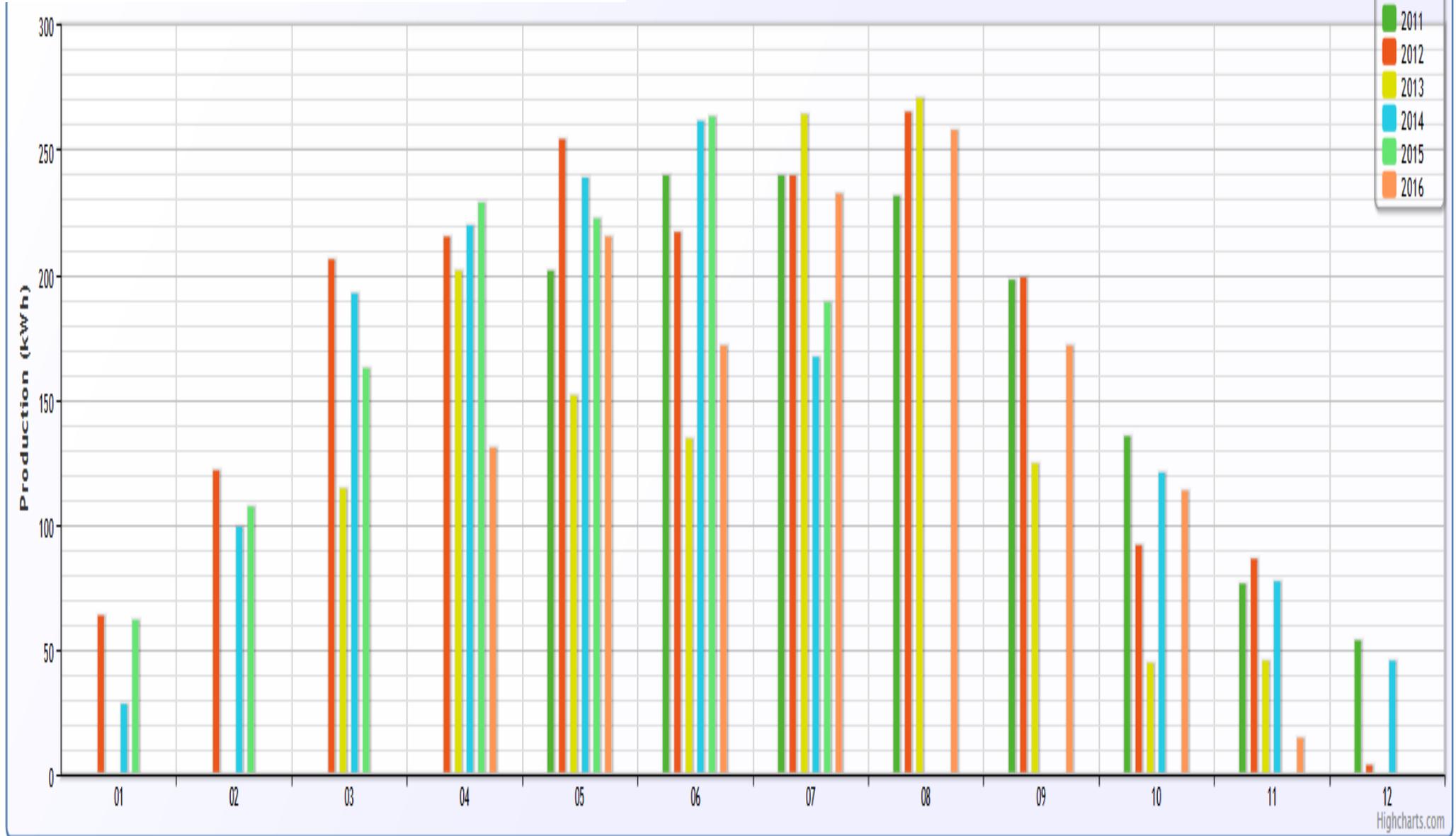
Figure : Schéma d'installation de la microcentrale

Moyenne de la période : 157,98 kWh/mois

Répartition de la production sur l'année
Oct-Nov-Dec -Jan-fev-Mars : 25 %

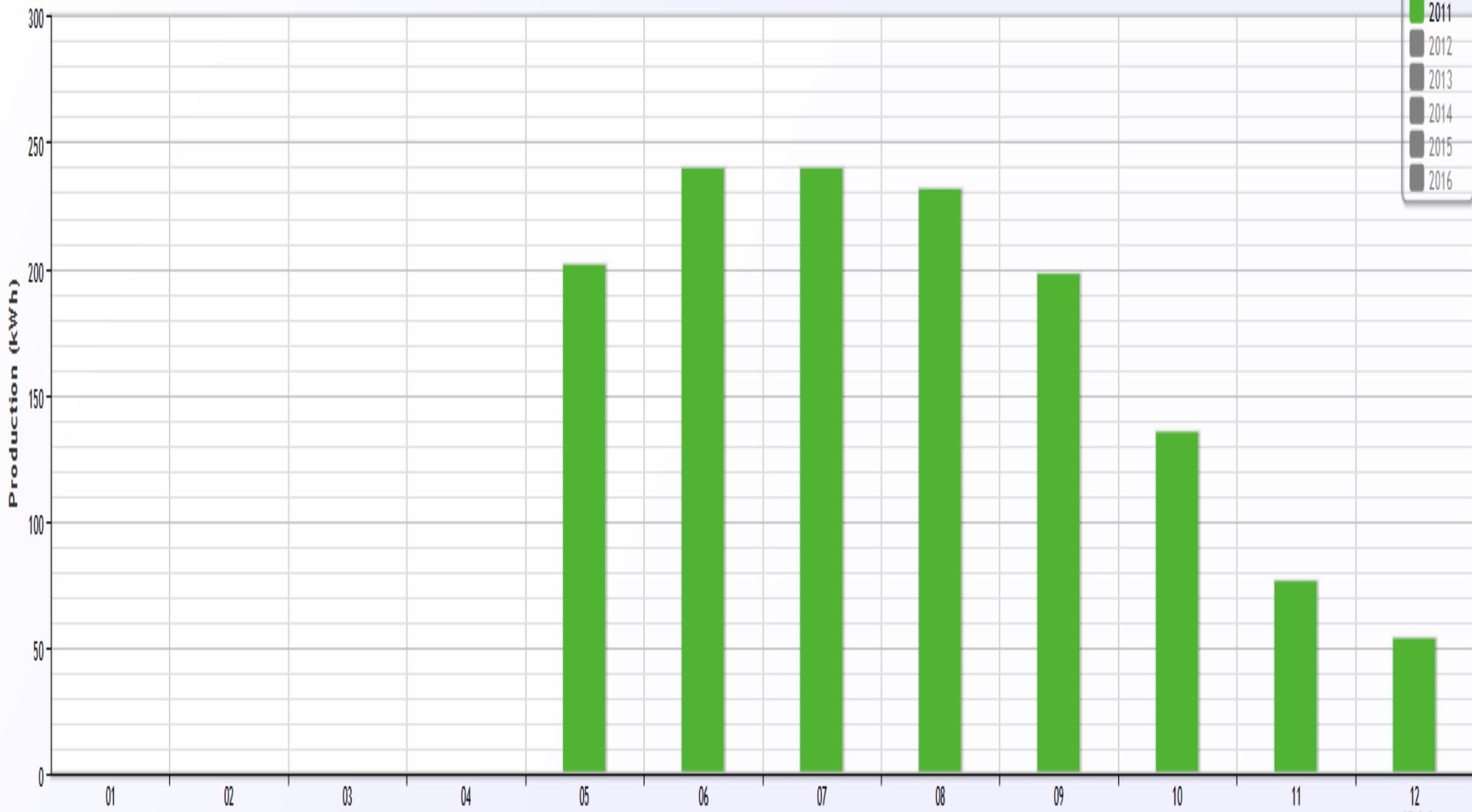
Avril-Mai-Juin -Juillet-Aout-Sept : 75 %

Production mensuelle totale



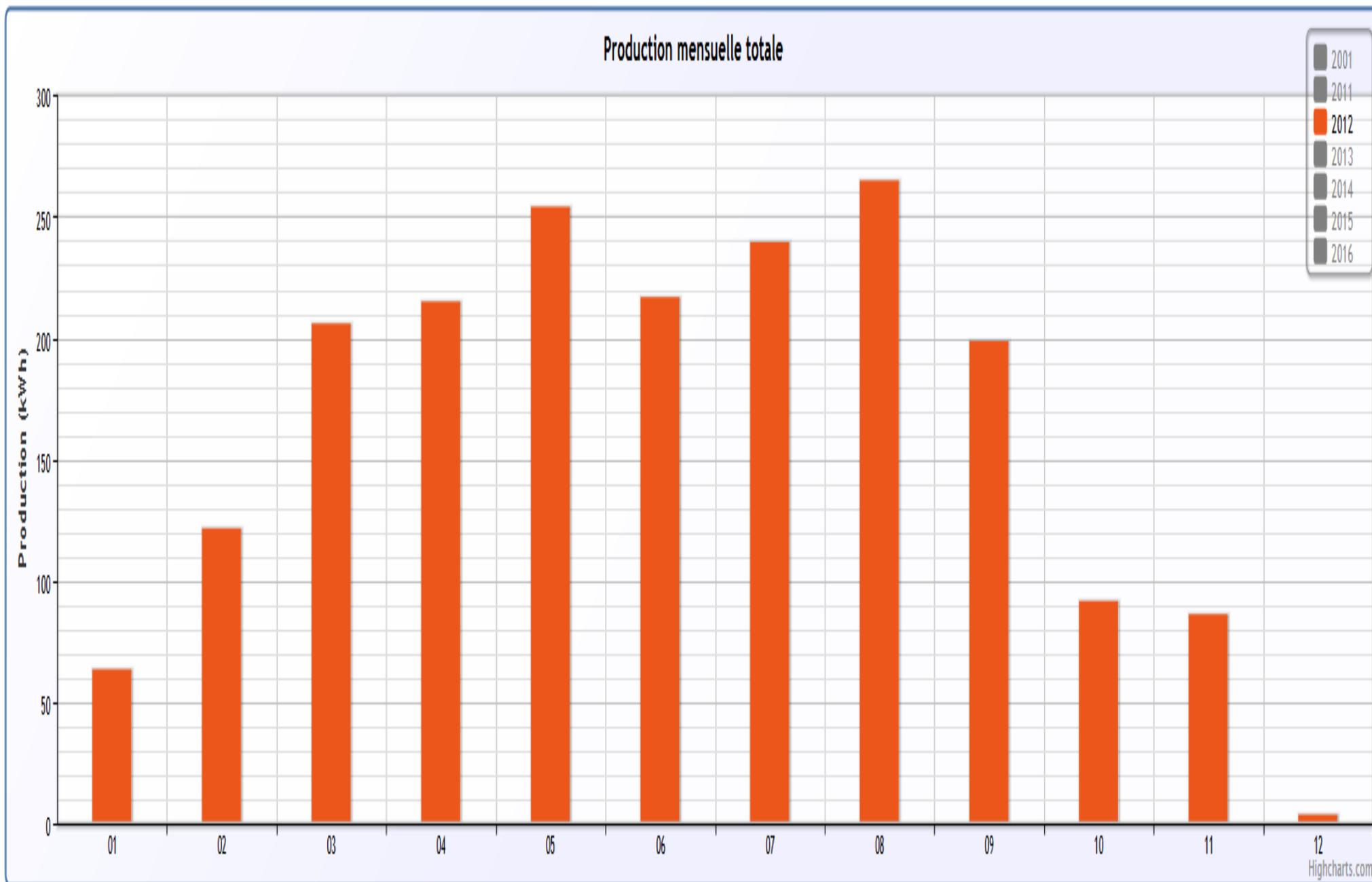
Moyenne de la période : 157,98 kWh/mois

Production mensuelle totale

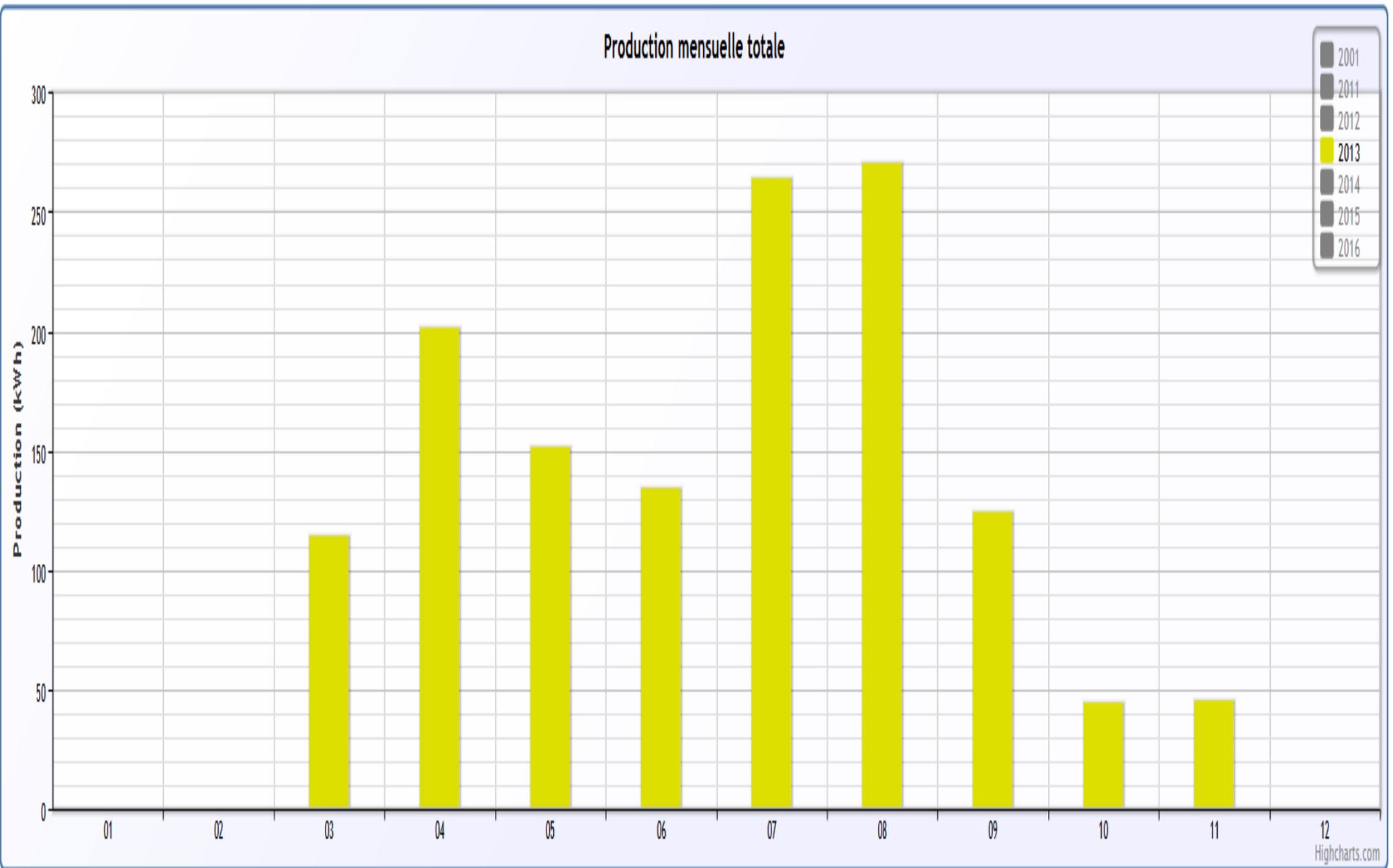


- 2001
- 2011
- 2012
- 2013
- 2014
- 2015
- 2016

Moyenne de la période : 157,98 kWh/mois



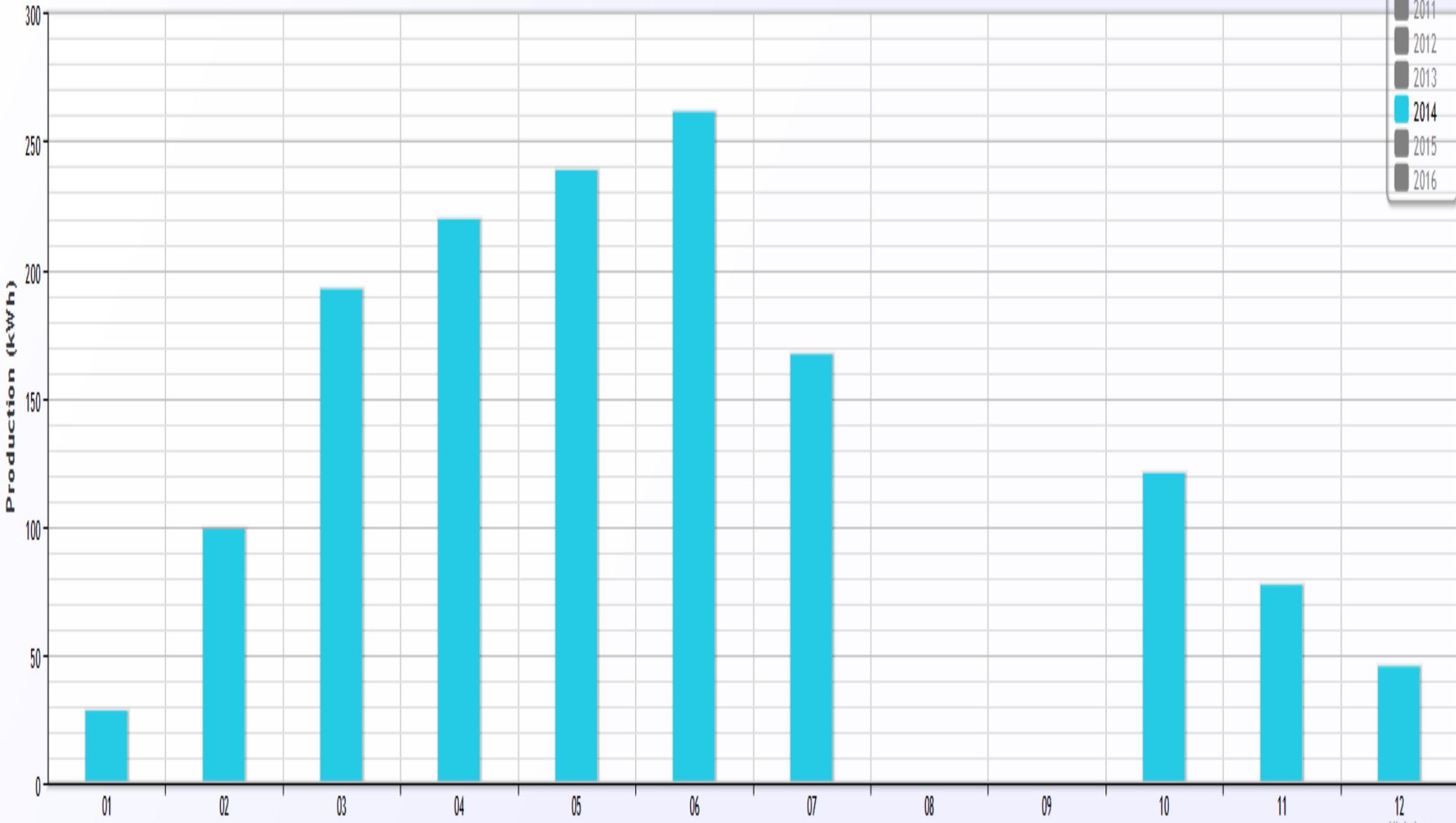
Moyenne de la période : 157,98 kWh/mois



Moyenne de la période : 157,98 kWh/mois

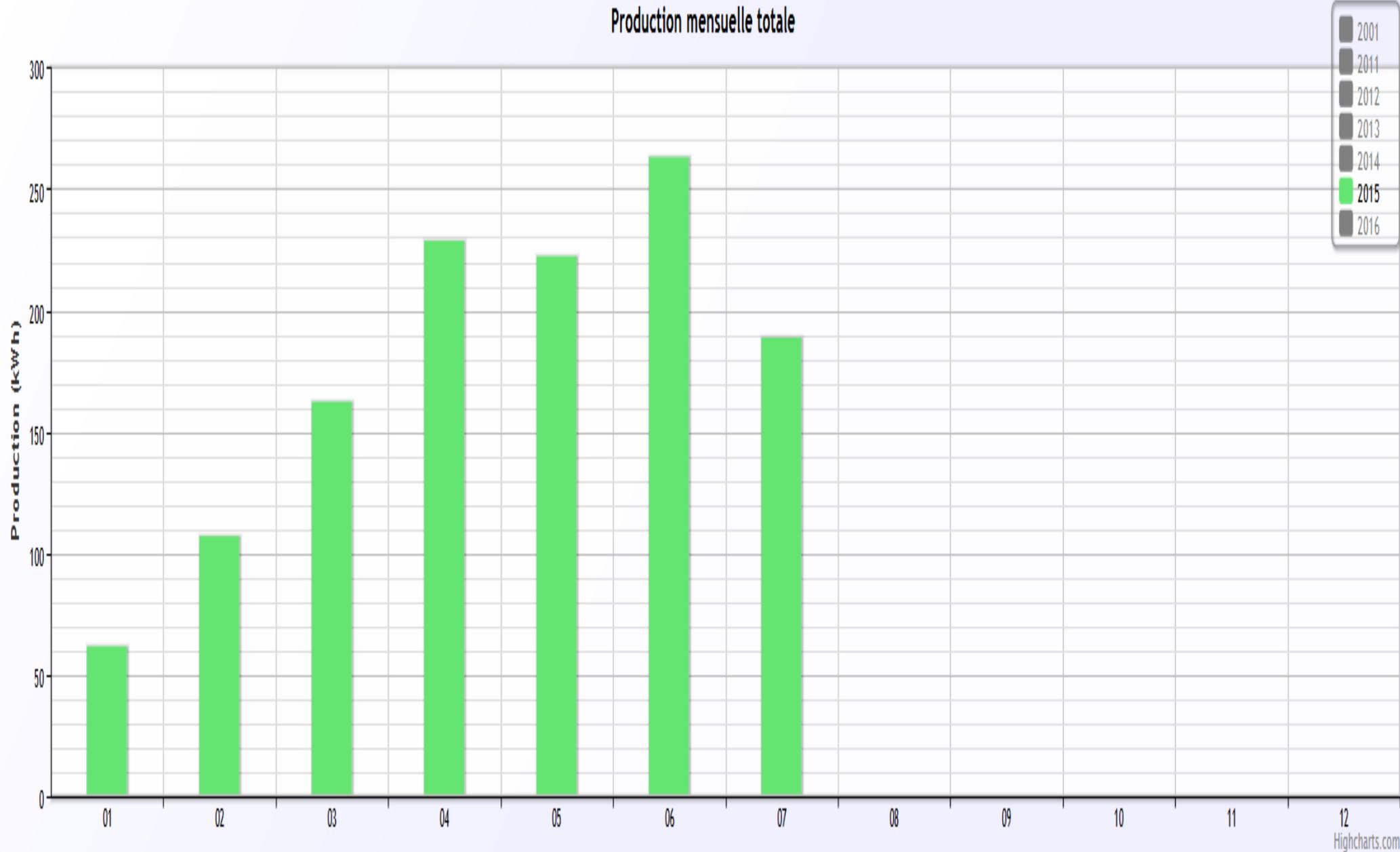
Production mensuelle totale

- 2001
- 2011
- 2012
- 2013
- 2014
- 2015
- 2016



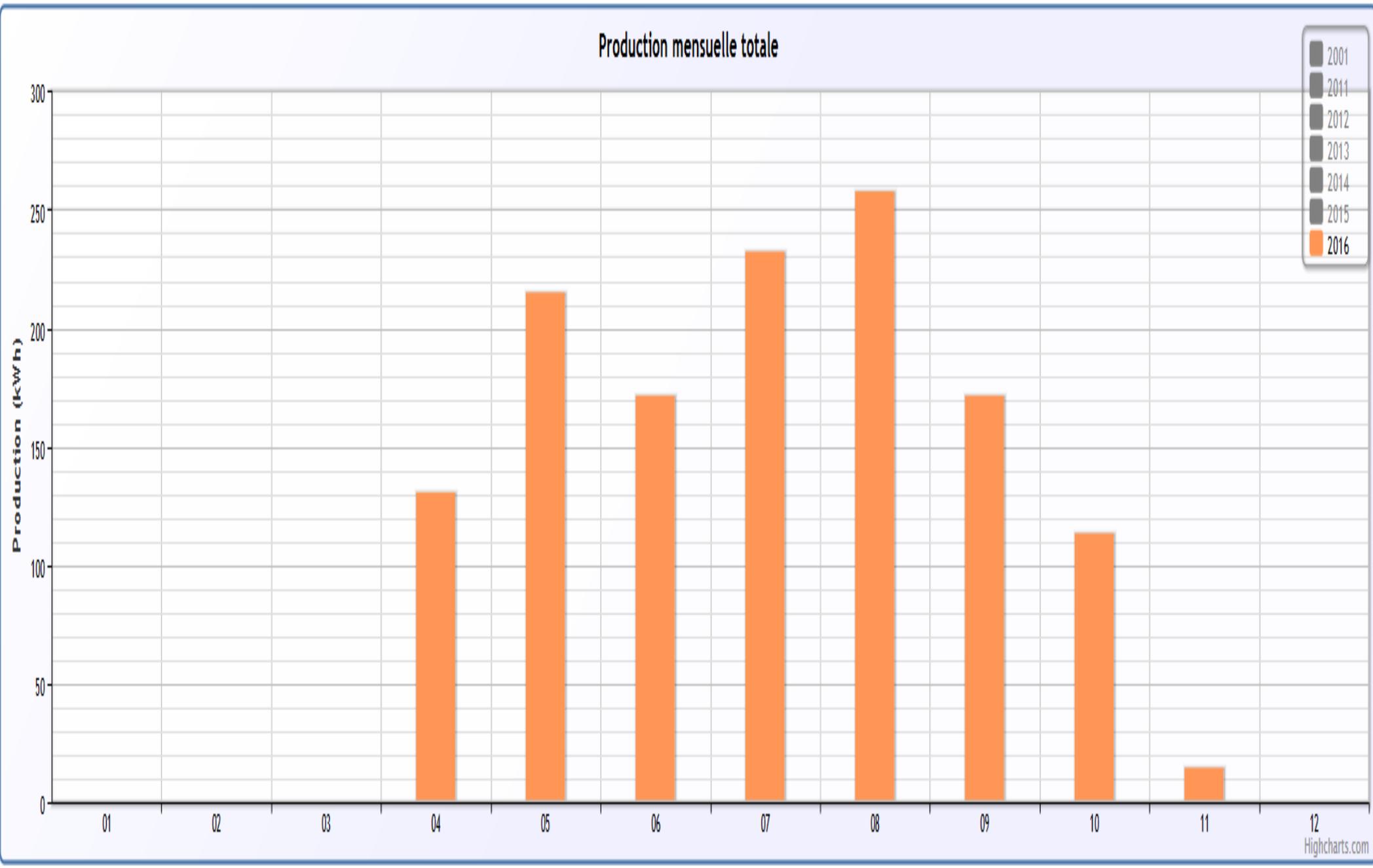
Moyenne de la période : 157,98 kWh/mois

Production mensuelle totale



- 2001
- 2011
- 2012
- 2013
- 2014
- 2015
- 2016

Moyenne de la période : 157,98 kWh/mois



[Production d'une journée](#)

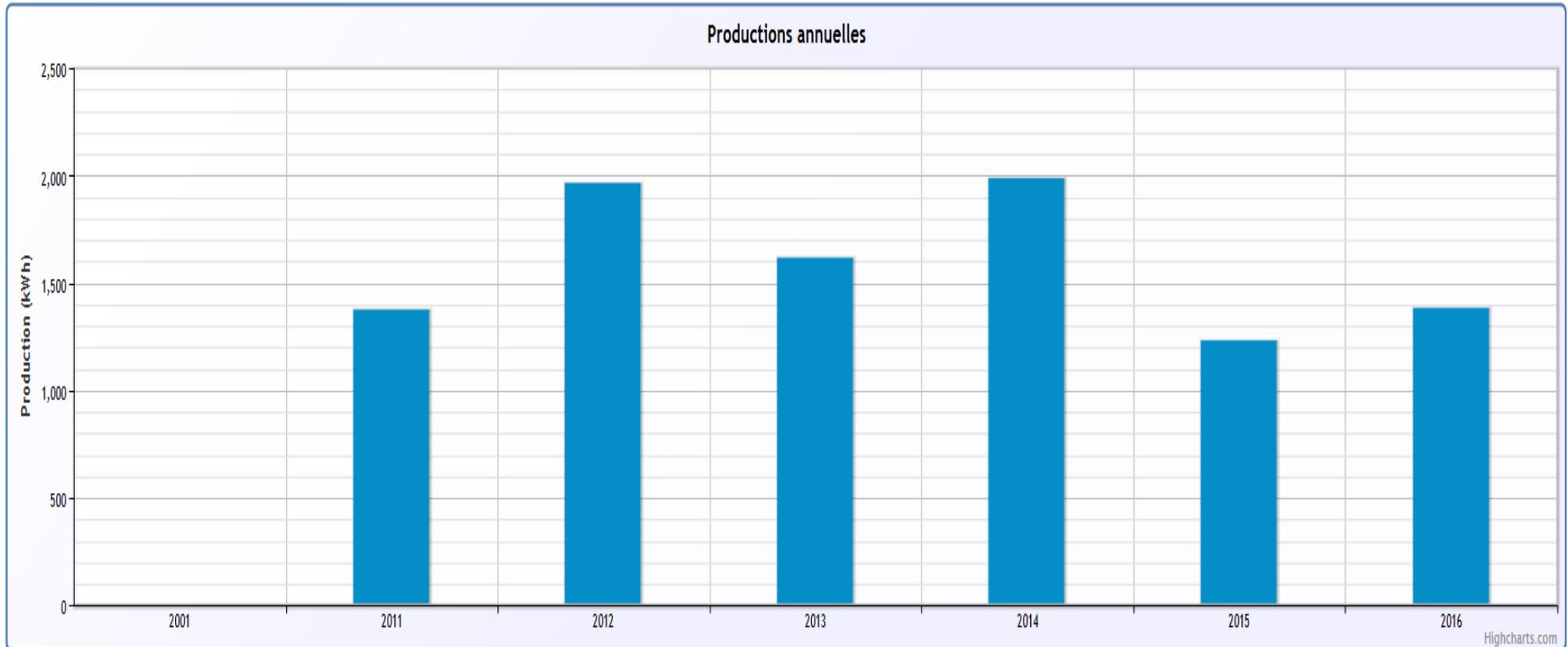
[Productions quotidiennes sur un mois](#)

[Productions mensuelles par années](#)

[Production de chaque mois](#)

[Productions annuelles](#)

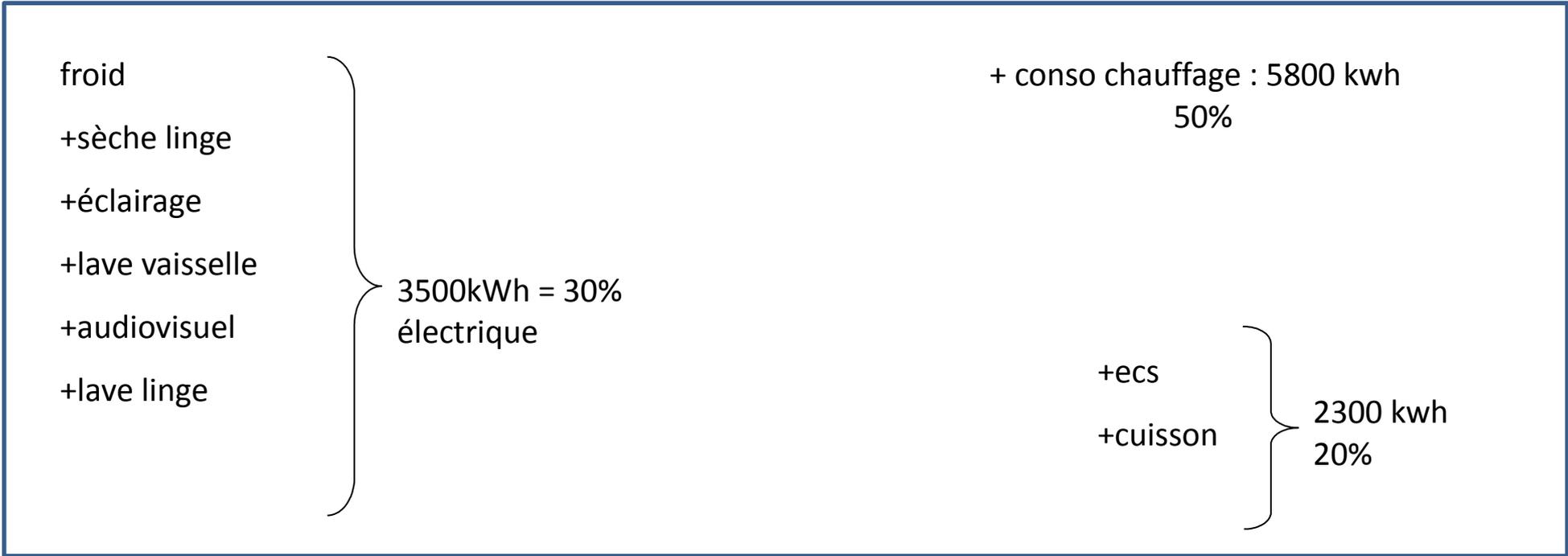
Moyenne de la période : 1 367,68 kWh/an



2000 kWh/an

2000 kWh/1920 kwc = 1040 kWh/kWc

Consommation électrique d'une famille :



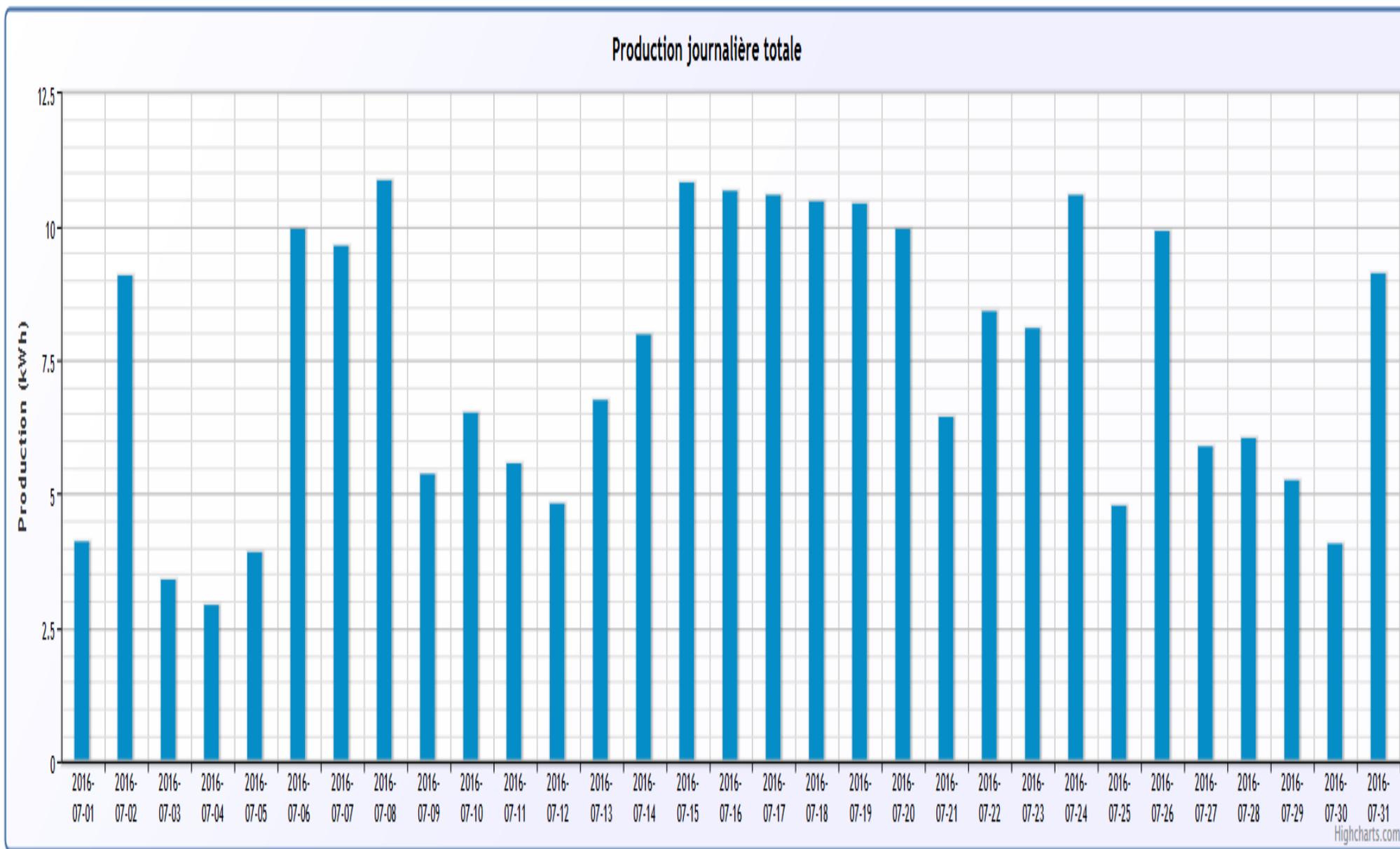
3500 kWh/an
290 kWh/mois
10 kWh /jour

Date de départ: 01/07/2016

Moyenne de la période : 7,51 kWh/jour

Date de fin: 31/07/2016

Clear



Sélectionnez une date : 15/07/2016

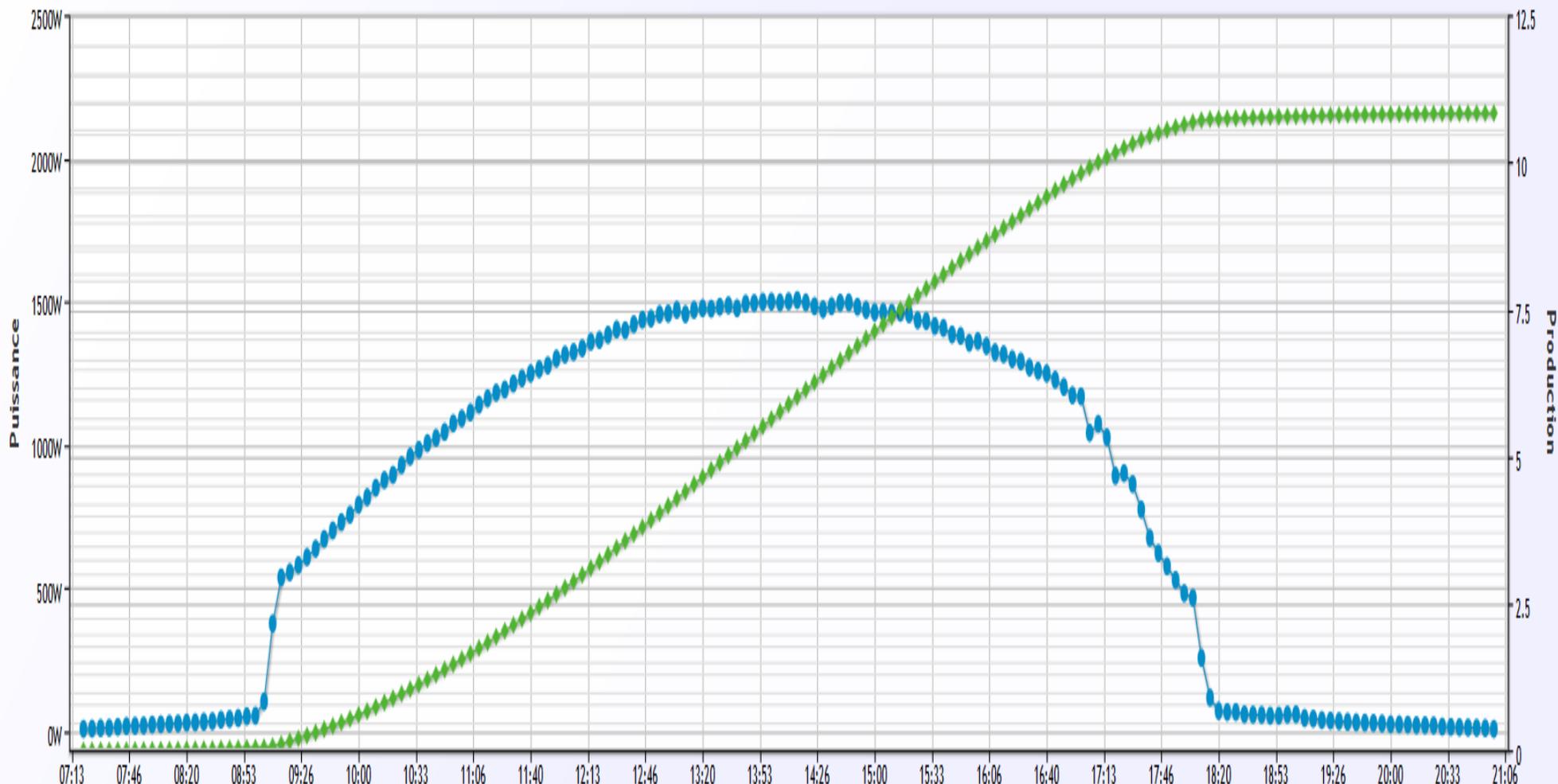
Comparer avec :

Fix DST - Clear

Production de la journée du 15/07/2016

Cliquer-glisser en dessinant un cadre pour zoomer

● Puissance en sortie (W) ◆ Production Totale (kWh)



Sélectionnez une date : 07/06/2015

Systeme1+systeme2

11 m²

1920 kwc

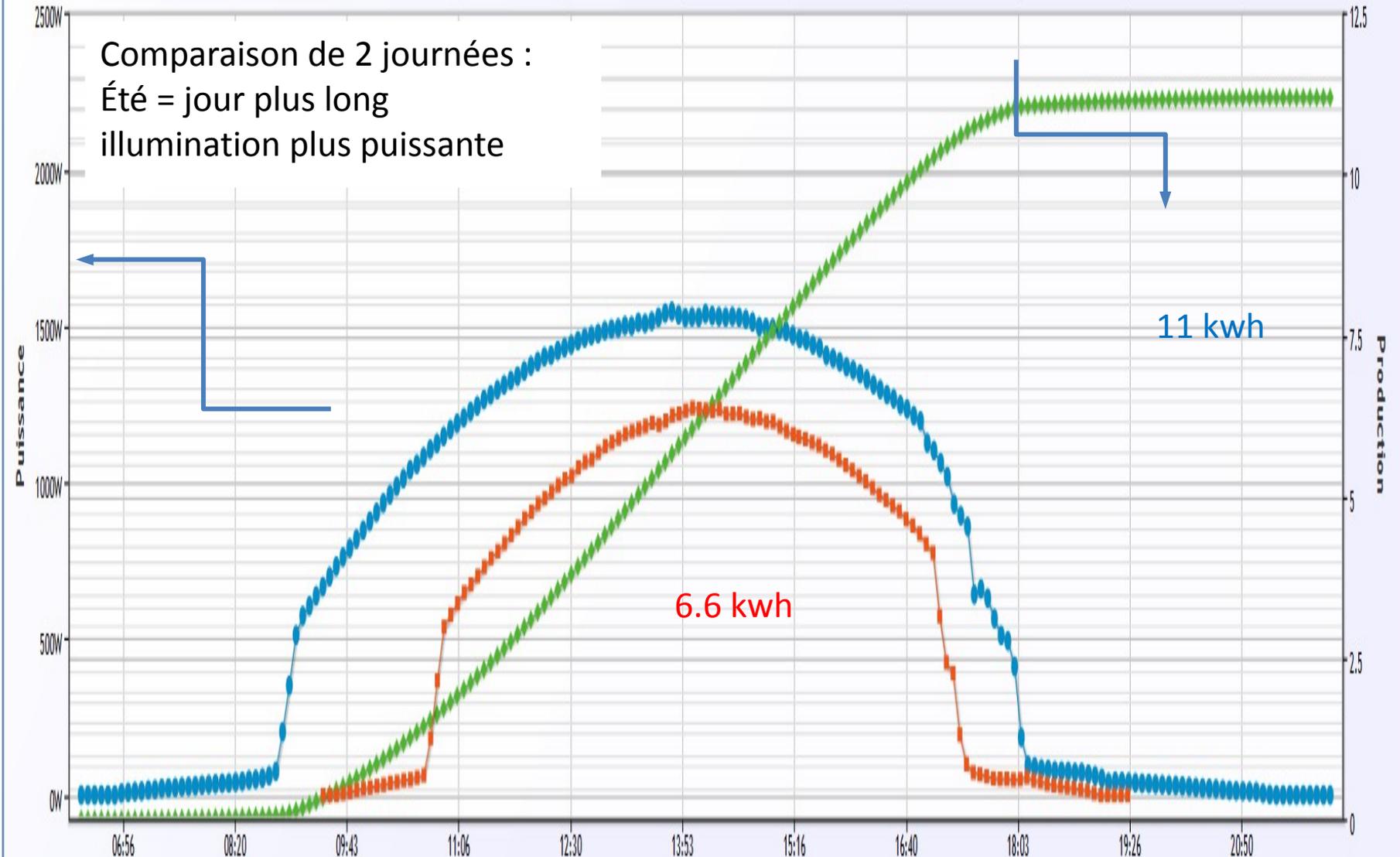
Comparer avec : 11/02/2015

Fix DST - Cle

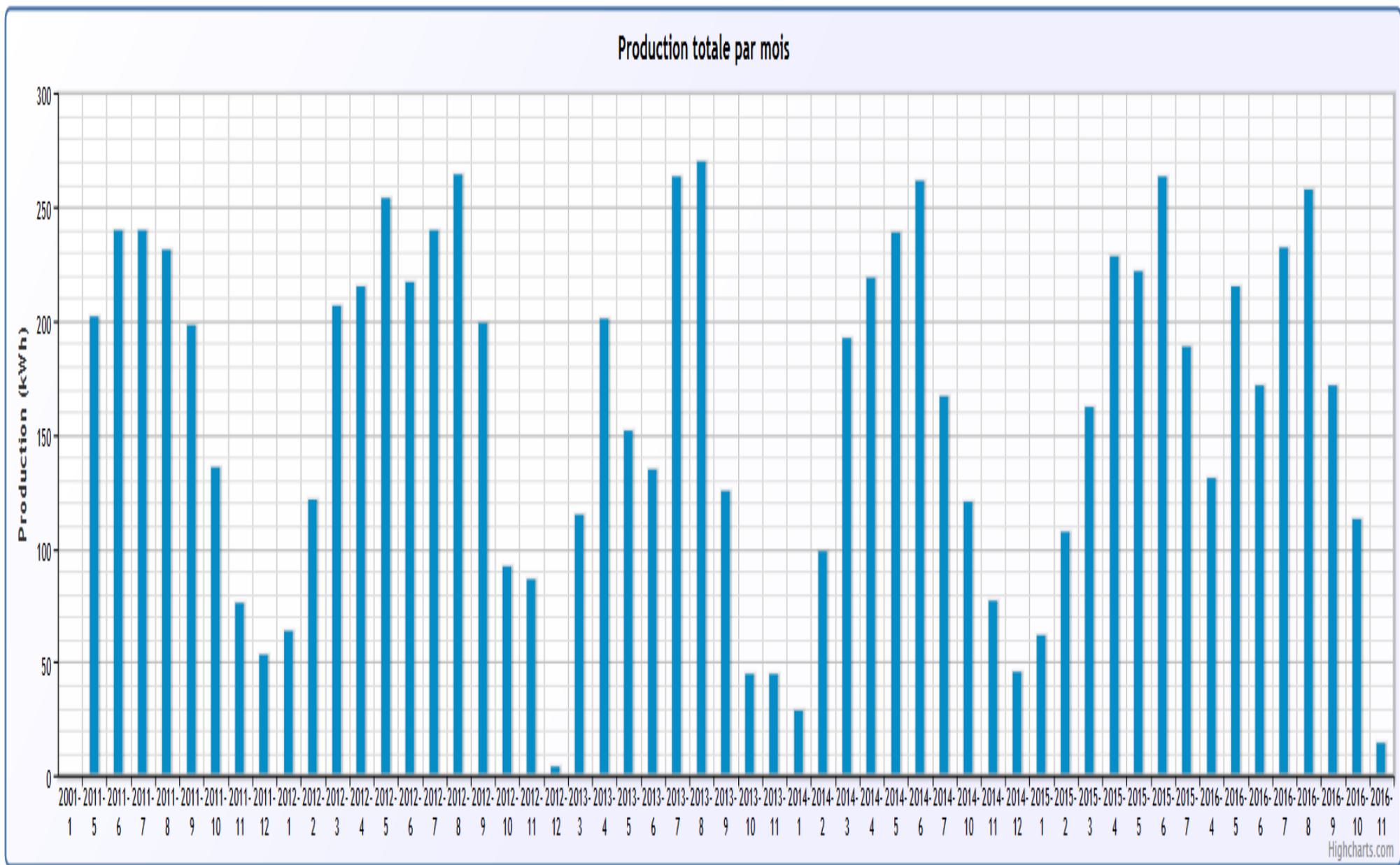
Production de la journée du 07/06/2015

Cliquer-glisser en dessinant un cadre pour zoomer

◆ Puissance en sortie (W) ◆ Production Totale (kWh) ◆ Puissance comparée (W) ◆ Production totale comparée (kWh)



Moyenne de la période : 157,98 kWh/mois



Comparaison de la production des 2 systèmes : similaire



Systeme 1

Eprod := 5612 kwh

Pendant 22637h

Systeme 2 :

Eprod = 5684 kWh

Pendant 22634h



Comparaison de la production des 2 systèmes : similaires ?

Abscisse Ordonnée Ordonnée 2
(facultatif)

Valeur comprise entre

Irradiance (W/m ²)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Température ambiante (°C)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Température des modules (°C)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Vitesse du vent (km/h)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Puissance AC (W)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Puissance DC (W)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Intensité DC (mA)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Tension DC (V)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Rendement panneau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Rendement onduleur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Temps	<input checked="" type="radio"/>					
Pas de deuxième ordonnée			<input checked="" type="radio"/>			

Période du : au :

Horaires de : h à : h

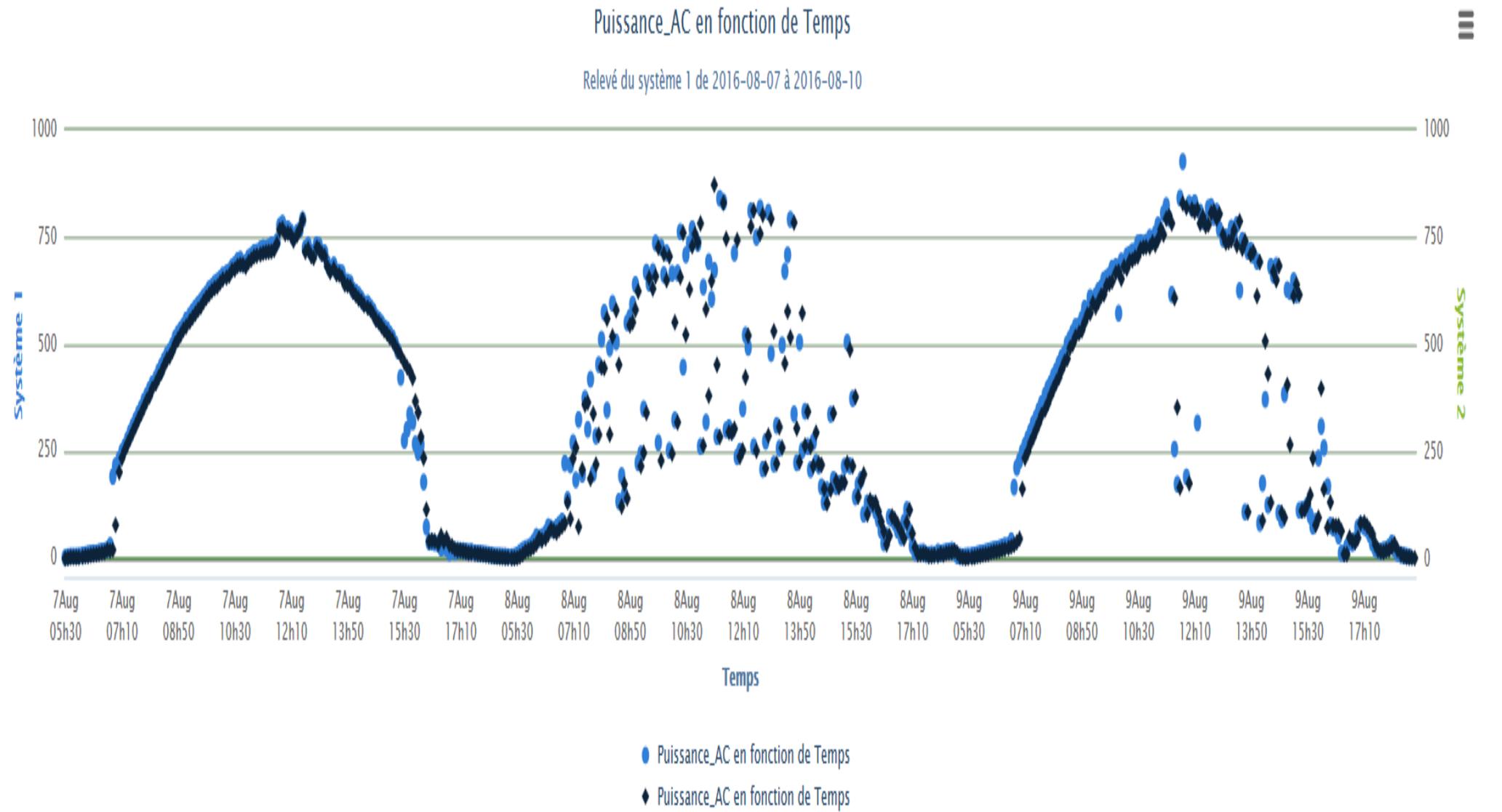
Système 1 Système 2

Envoyer

Effacer

Comparaison de la production des 2 systèmes : similaires !

Vous pouvez **zoomer** sur la partie du graphique que vous souhaitez en la sélectionnant (cliquer-glisser) avec votre souris



Télécharger le CSV

Les conditions standards de mesures dites STC :

- Spectre AMG1.5
- Température des panneaux 25 °C
- Illumination 1000 W/m²

$$\text{Rendement} = \frac{\text{puissance électrique}}{\text{Puissance solaire}}$$

Modèle	Rendement de la cellule	Rendement du module
HIT-240HDE4	20,0%	17,3%

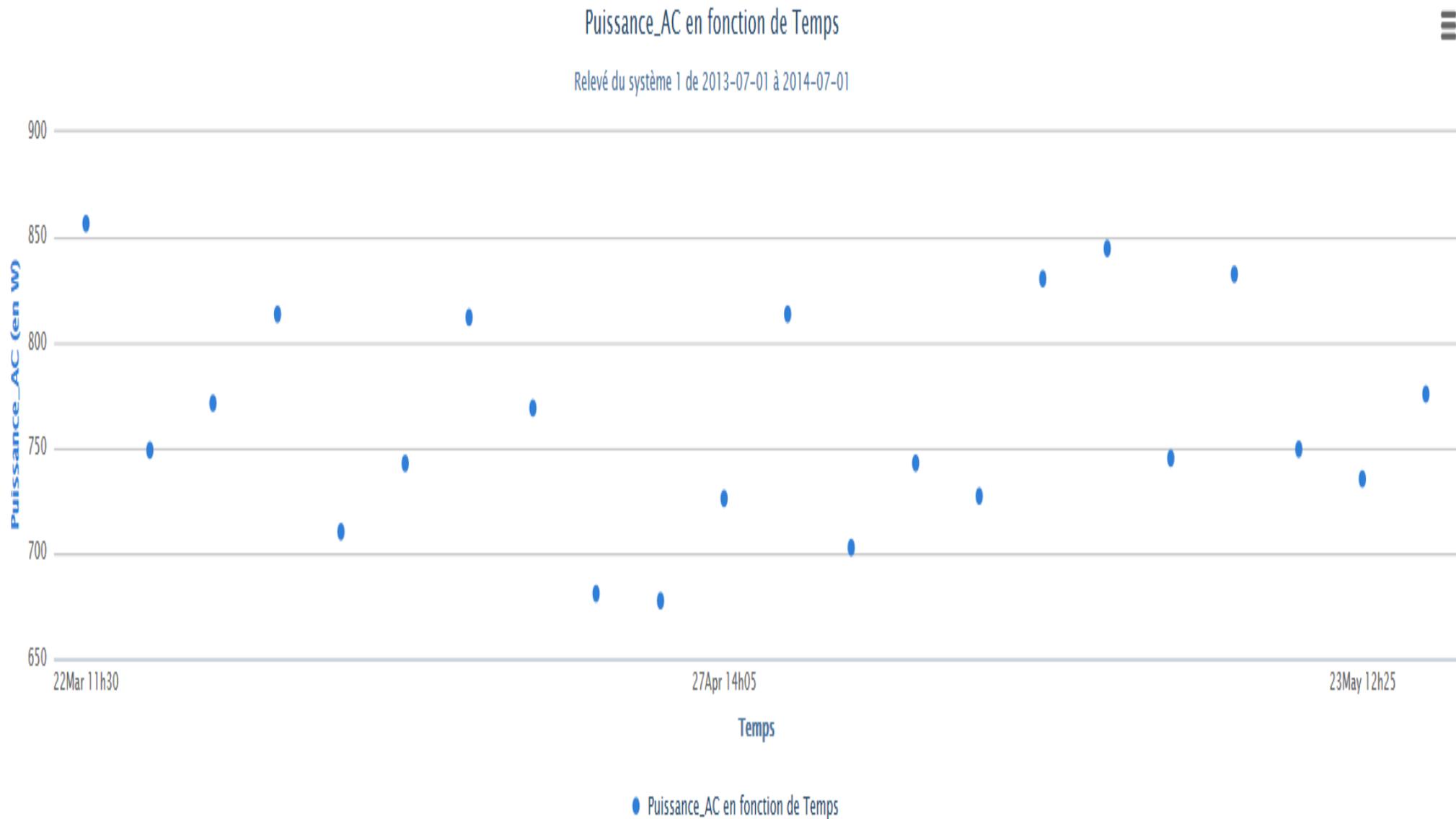
	Modèles HIT-xx	
Données électriques	240	
Puissance maximum (Pmax) [W]	240	
Tension de crête maximale (Vpm) [V]	35,5	
Courant de crête maximale (Ipm) [A]	6,77	
Tension en circuit ouvert (Voc) [V]	43,6	
Courant de court circuit (Isc) [A]	7,37	
Puissance minimum garantie (Pmin) [W]	228,0	
Protection max. par surintensité inverse [A]		15
Tolérance de puissance de sortie [%]		+ 10/-5
Tension maximum de système [Vdc]		1000
Coefficient de température de Pmax [%/°C]		-0,30
Coefficient de température de Voc [V/°C]	-0,109	
Coefficient de température de Isc [mA/°C]	2,21	
Note 1: Conditions standards de test: masse d'air 1,5; irradiance = 1000 W Température de cellule = 25 °C.		
Note 2: Les valeurs du tableau ci-dessus sont nominales.		

Les conditions STC et les conditions réelles :

- Température des panneaux 25 °C
- Illumination 1000 W/m²

	Abscisse Ordonnée Ordonnée 2 (facultatif)			Valeur comprise entre			
Irradiance (W/m ²)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text" value="900"/>	et <input type="text" value="1100"/>		
Température ambiante (°C)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et <input type="text"/>		
Température des modules (°C)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text" value="23"/>	et <input type="text" value="27"/>		
Vitesse du vent (km/h)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et <input type="text"/>		
Puissance AC (W)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et <input type="text"/>		
Puissance DC (W)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et <input type="text"/>		
Intensité DC (mA)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et <input type="text"/>		
Tension DC (V)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et <input type="text"/>		
Rendement panneau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text" value="0.1"/>	et <input type="text" value="0.2"/>		
Rendement onduleur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et <input type="text"/>		
Temps	<input checked="" type="radio"/>						
Pas de deuxième ordonnée			<input checked="" type="radio"/>				
Période du :	<input type="text" value="2013-07-01"/>		au :	<input type="text" value="2014-07-01"/>			
Horaires de :	<input type="text"/>	h	<input type="text"/>	à :	<input type="text"/>	h	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Système 1	<input type="checkbox"/> Système 2						

Vous pouvez **zoomer** sur la partie du graphique que vous souhaitez en la sélectionnant (cliquer-glisser) avec votre souris



Highcharts.com

20 points de mesures sur 20000

Les conditions de mesures STC n arrivent jamais en situation réelle

Télécharger le CSV

Vous pouvez zoomer sur la partie du graphique que vous souhaitez en la sélectionnant (cliquer-glisser) avec votre souris

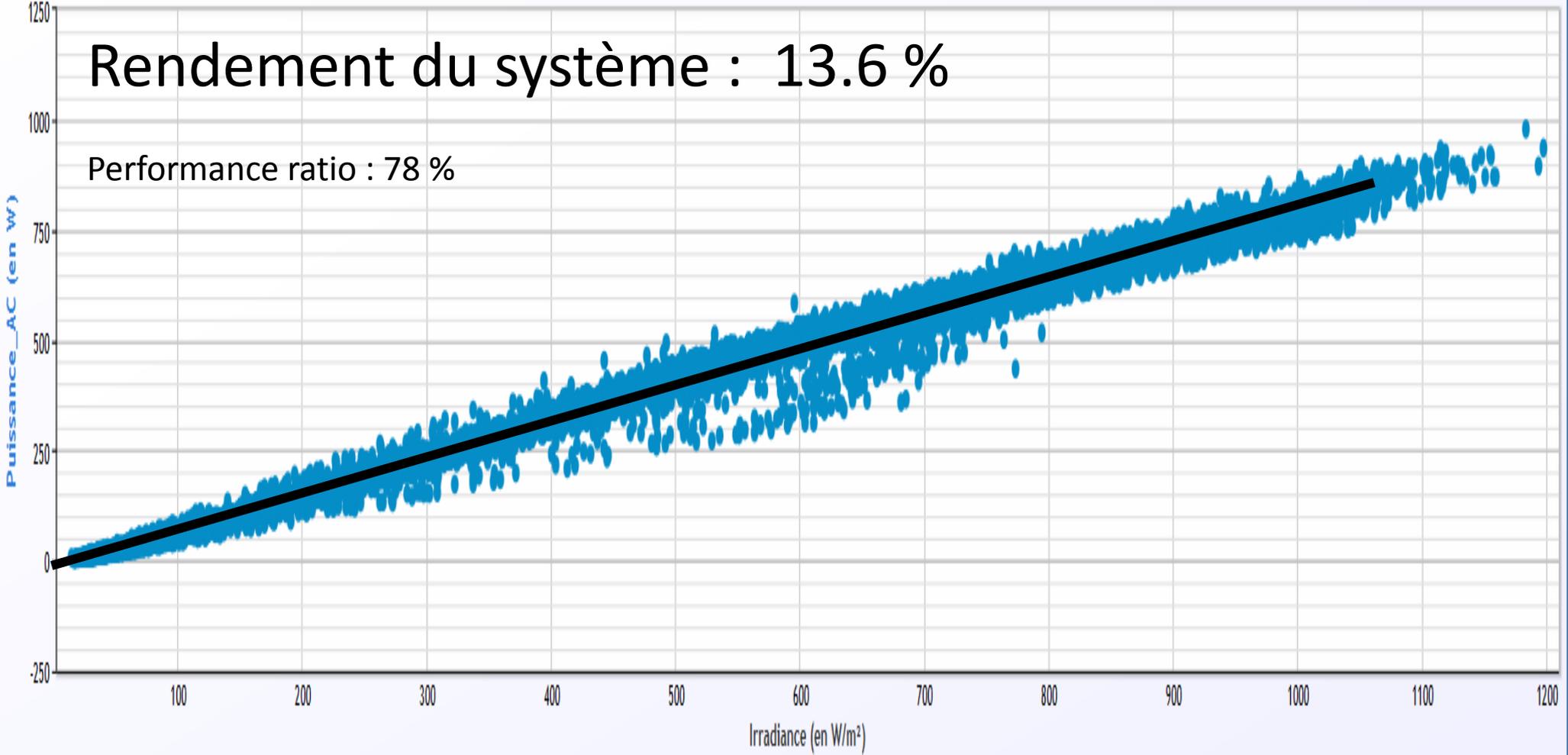
Puissance_AC en fonction de Irradiance

Relevé du système 1 de 2011-05-01 à 2012-05-01



Rendement du système : 13.6 %

Performance ratio : 78 %

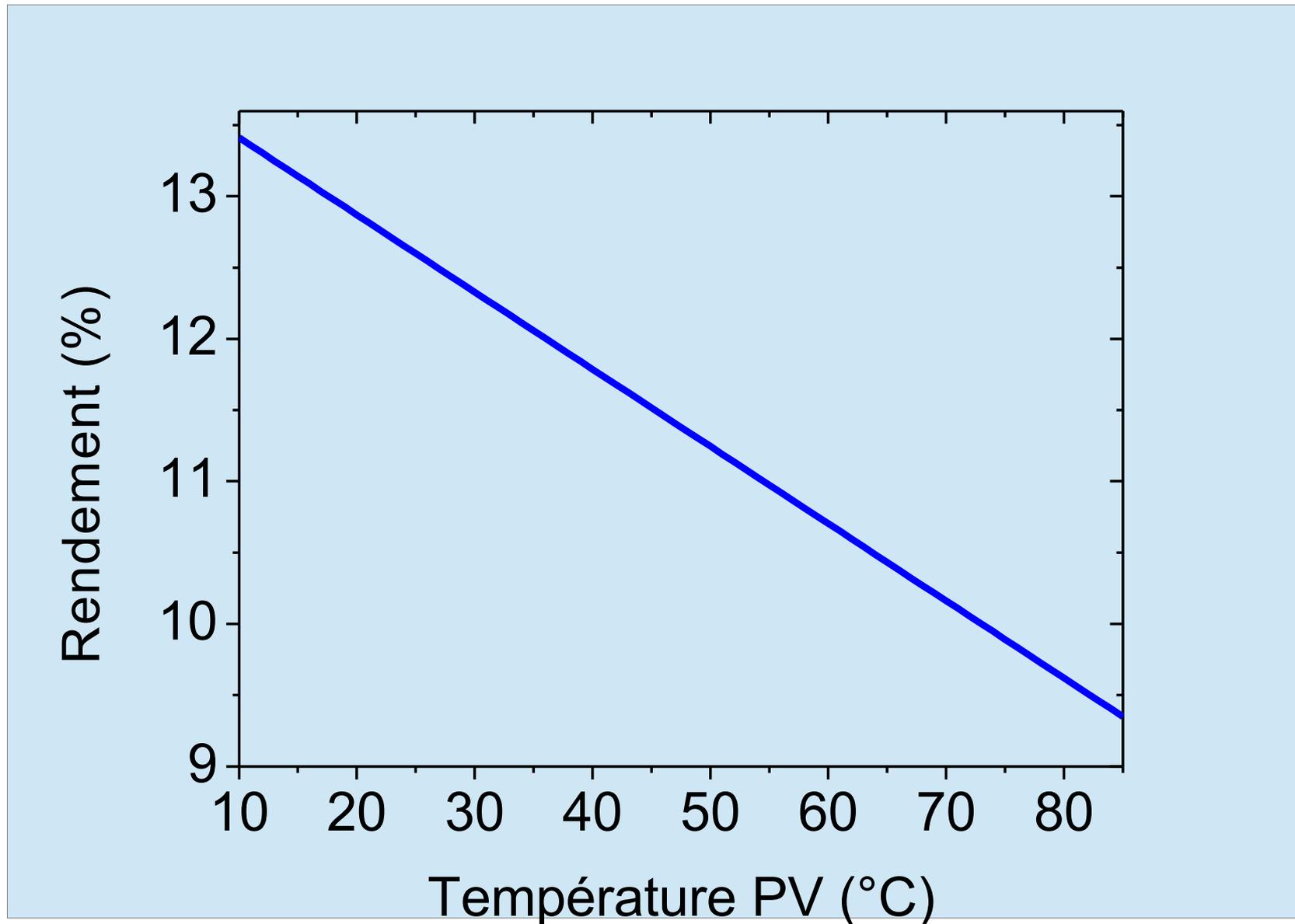


● Puissance_AC en fonction de Irradiance

Télécharger le CSV

Influence de la température des panneaux sur le rendement à éclaircement constant (G)

$$\eta(G,T) = \eta(G_{stc},T_{stc}) \times [(1 + \beta \times (T-T_{stc})) \times (1 + \gamma \times \log_{10}(G/G_{stc}))]$$



Influence de la température des panneaux sur le rendement à éclairage constant (G)

(facultatif)

Irradiance (W/m ²)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text" value="500"/>	et	<input type="text" value="2000"/>
Température ambiante (°C)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Température des modules (°C)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Vitesse du vent (km/h)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Puissance AC (W)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Puissance DC (W)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Intensité DC (mA)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Tension DC (V)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Rendement panneau	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text" value="0"/>	et	<input type="text" value="0.2"/>
Rendement onduleur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Temps	<input type="radio"/>					
Pas de deuxième ordonnée			<input checked="" type="radio"/>			

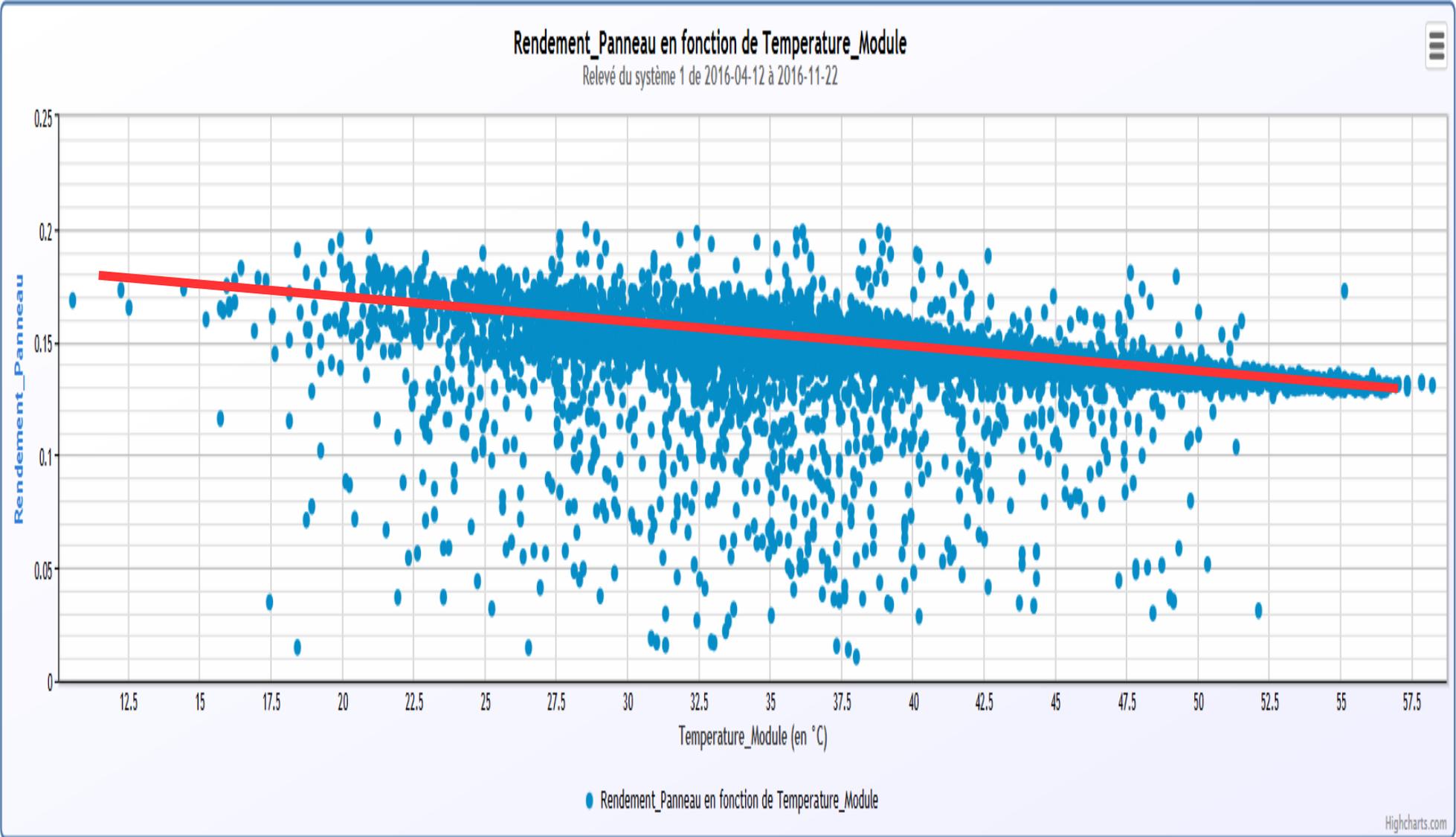
Période du : au :

Horaires de : h à : h

Système 1 Système 2

Influence de la température des panneaux sur le rendement à éclairement constant (G)

Vous pouvez **zoomer** sur la partie du graphique que vous souhaitez en la sélectionnant (cliquer-glisser) avec votre souris

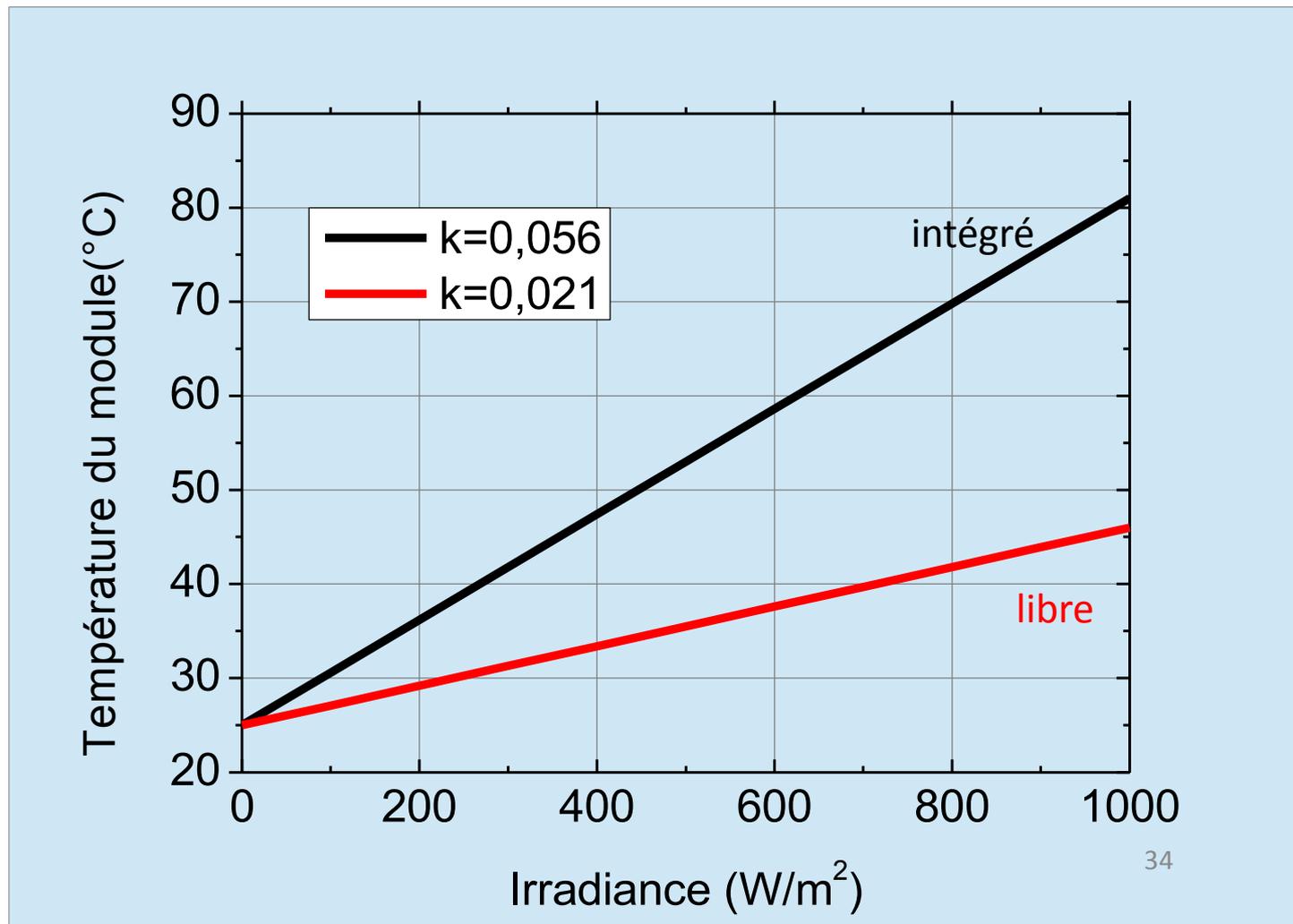


Télécharger le CSV

Température du module en fonction de l'éclairement et de la température ambiante

$$T_m = T_a + k_{\text{Therm}} \times G$$

Type d'installation	k (°C.m ² / W)
Libre	0,020
Toit en pente : intégration totale	0,056



Température du module sur une journée

Abscisse Ordonnée Ordonnée 2
(facultatif)

Valeur comprise entre

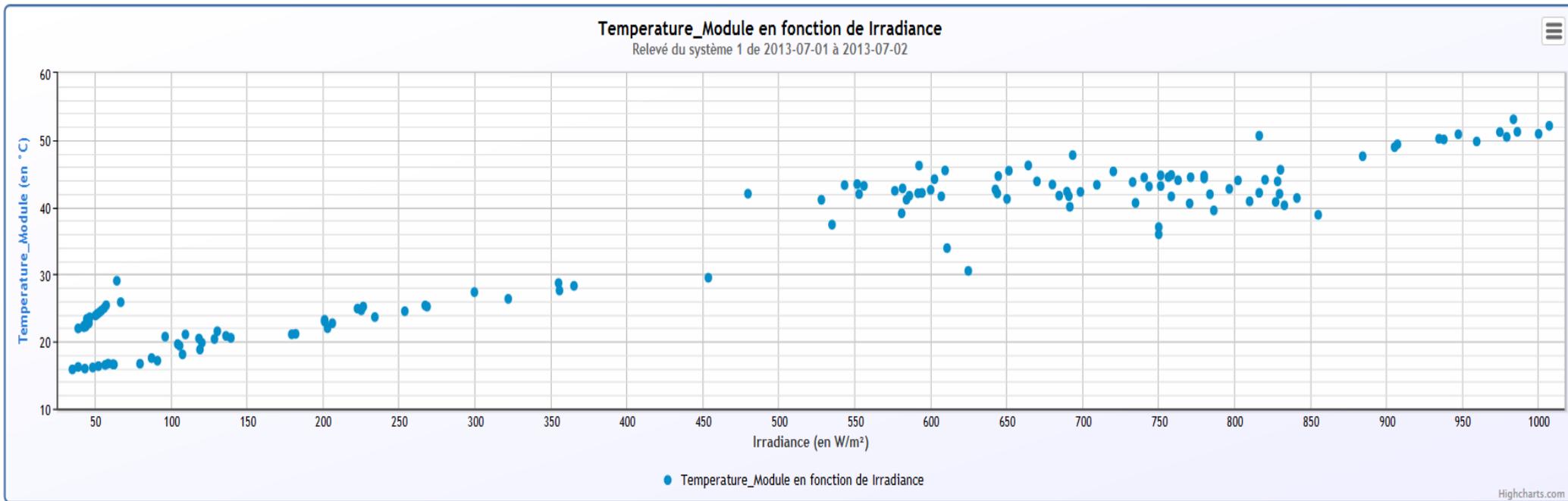
Irradiance (W/m ²)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Température ambiante (°C)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Température des modules (°C)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Vitesse du vent (km/h)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Puissance AC (W)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Puissance DC (W)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Intensité DC (mA)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Tension DC (V)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Rendement panneau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text" value="0.1"/>	et	<input type="text" value="0.2"/>
Rendement onduleur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>
Temps	<input type="radio"/>					
Pas de deuxième ordonnée			<input checked="" type="radio"/>			

Période du : au :

Horaires de : h h à : h h

Système 1 Système 2

Température du module sur une journée



Télécharger le CSV

Température du module en fonction de l'éclairement et de la température ambiante

Abscisse Ordonnée Ordonnée 2
(facultatif)

Valeur comprise entre

Irradiance (W/m ²)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>	
Température ambiante (°C)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text" value="18"/>	et	<input type="text" value="19"/>	Ta = 18-19 °C
Température des modules (°C)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>	
Vitesse du vent (km/h)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>	
Puissance AC (W)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>	
Puissance DC (W)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>	
Intensité DC (mA)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>	
Tension DC (V)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>	
Rendement panneau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>	
Rendement onduleur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="text"/>	et	<input type="text"/>	
Temps	<input type="radio"/>						
Pas de deuxième ordonnée			<input checked="" type="radio"/>				

Période du : au :

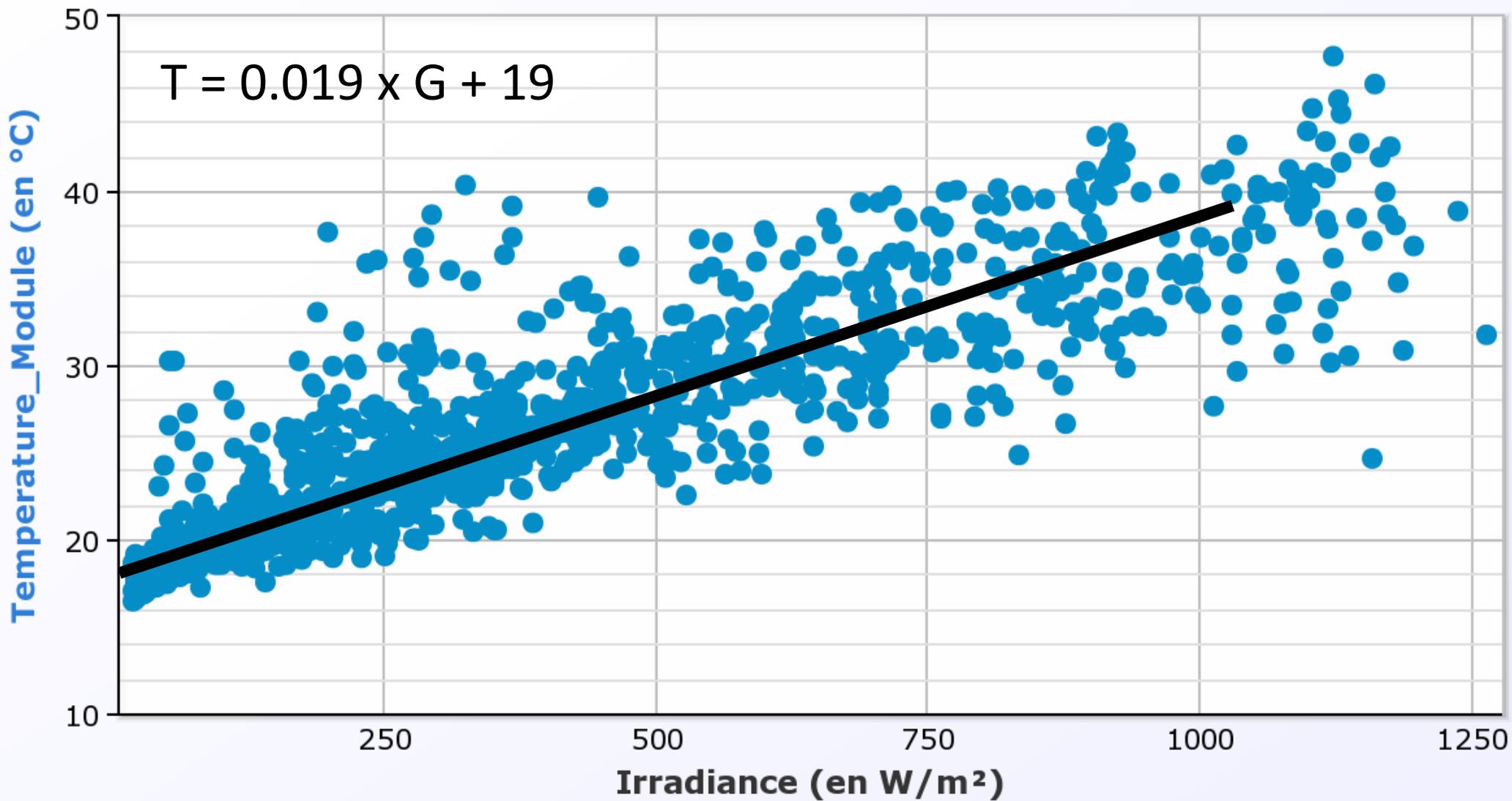
Horaires de : h à : h

Système 1 Système 2

Temperature_Module en fonction de Irradiance

Relevé du système 1 de 2016-04-12 à 2016-11-23

$$T = 0.019 \times G + 19$$



● Temperature_Module en fonction de Irradiance

Présentation de l'approche plus recherche...



PERIGEE

Périgée : c'est quoi ????

Réflexion interdisciplinaire nanto-nantaise

- Sciences Économiques + Socio
- Ingénieurs (Centrale, Philéas)
- Universitaires Lina, Dpt Phys.
- Tous spécialises des EnR

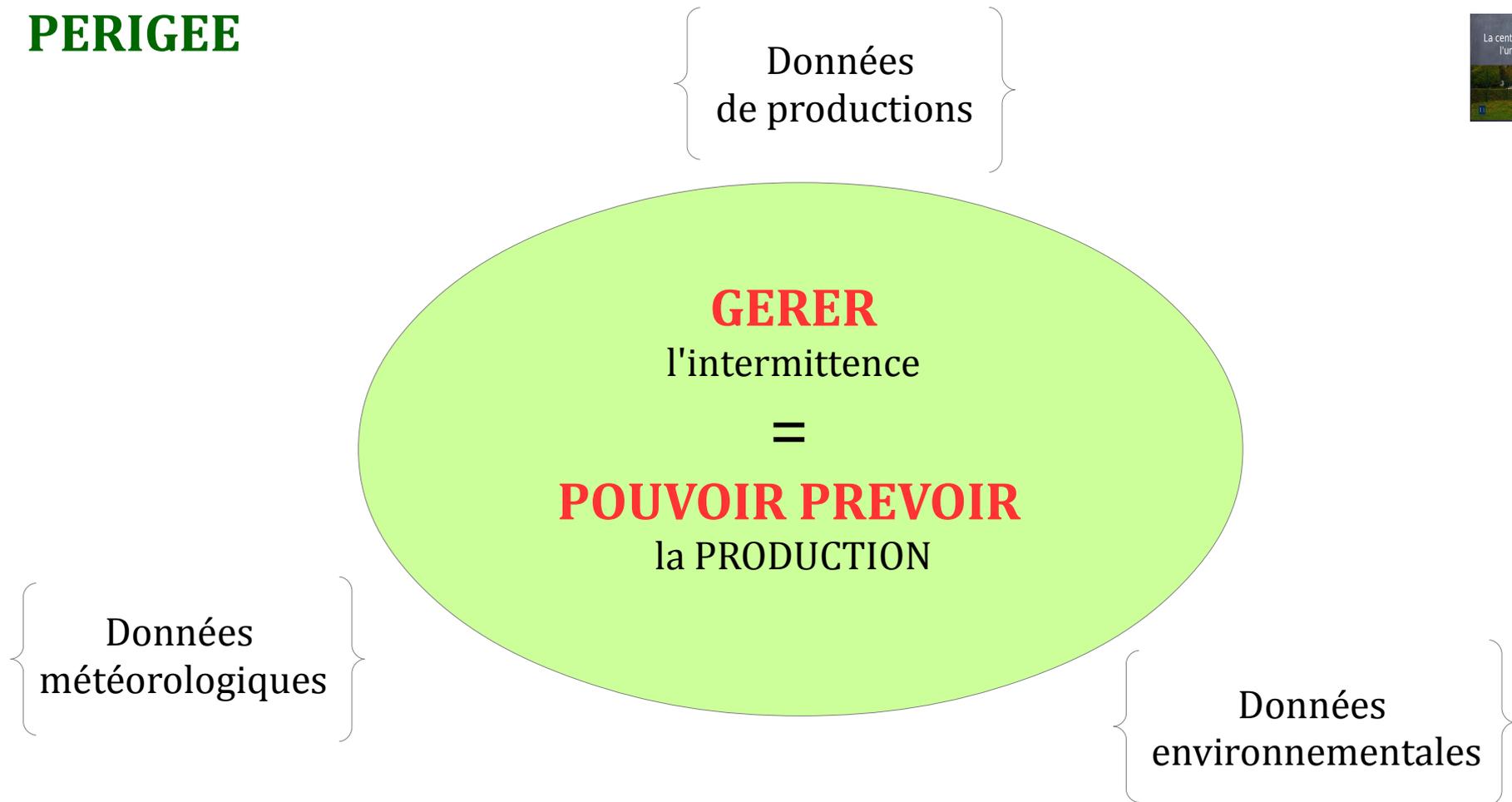
Comment **gérer** l'intermittence des EnR ?

Comment **prévoir** la production ?

Comment **éduquer** les générations futures ?

Comment **sensibiliser** les 'anciens'





Définition des critères de prévision de production

Affiner la prévision avec l'expérience acquise au fil du temps (indice de confiance)

Interface entre le l'Humain et la machine, qui prend la décision ?

...



Nicolas BARREAU (EC Dpt Phys)
nicolas.barreau@univ-nantes.fr

Ludovic ARZEL (EC Dpt Phys)
ludovic.arzel@univ-nantes.fr

Jean-Yves LEBLIN (Ing. Lina)
Jean-Yves.Lebelin@univ-nantes.fr



Merci !



UNIVERSITÉ DE NANTES

UFR Sciences et Techniques
(Dpt Physique, Dpt Informatique)
IUT Informatique

