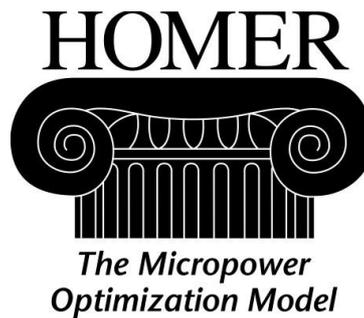


# Dimensionnement d'un système hybride photovoltaïque / groupe électrogène

*avec le logiciel HOMER*



**Vincent DEMEUSY**

*Co-fondateur de Solarpedia.fr*  
[vincent.demeusy@solarpedia.fr](mailto:vincent.demeusy@solarpedia.fr)  
<http://www.solarpedia.fr>

*juillet 2011*

Présentation du logiciel

HOMER v2.68

Le logiciel de modélisation énergétique HOMER (Hybrid Optimisation Model for Electric Renewables) est un outil puissant pour la conception et l'analyse des systèmes de production d'électricité hybrides, composés de groupes électrogènes, de systèmes de cogénération, d'éoliennes, de systèmes photovoltaïques, de systèmes hydrauliques, de batteries, de piles à combustible, de la biomasse et bien d'autres.

Que l'installation soit reliée au réseau électrique ou non, HOMER permet de déterminer comment les sources d'énergies intermittentes comme l'éolien et le solaire peuvent être intégrées de manière optimale au sein des systèmes hybrides.

HOMER a été initialement développé dès 1993 par le National Renewable Energy Laboratory pour les programmes d'électrification rurale. Depuis 2009, il est disponible sous la licence HOMER Energy.

Le logiciel peut être téléchargé gratuitement à l'adresse : <http://www.homerenergy.com>

## Table des matières

Étape 1 : Formuler une question que le logiciel HOMER peut nous aider à répondre.....	4
Étape 2 : Création du fichier HOMER.....	4
Étape 3 : Construction du schéma.....	6
Étape 4 : Entrer les détails de la charge.....	7
Étape 5 : Entrer les détails des composants.....	8
Détails du convertisseur.....	8
Détails du groupe électrogène.....	9
Détails du champ de panneaux photovoltaïques.....	10
Détails des batteries de stockage.....	11
Étape 6 : Entrer les détails des ressources.....	13
Détails de l'énergie radiative du soleil.....	13
Détails des ressources en huile végétale.....	13
Étape 7 : Rentrer les détails économiques.....	14
Étape 8 : Rentrer les détails de contrôle du système.....	14
Étape 9 : Rentrer les détails de la température.....	15
Étape 10 : Rentrer les contraintes du système.....	15
Étape 11 : vérifier les entrées et corriger les erreurs.....	16
Étape 12 : Examiner les résultats d'optimisation.....	16
Étape 13 : Ajouter des variables de sensibilité.....	22

## Étape 1 : Formuler une question que le logiciel HOMER peut nous aider à répondre

HOMER peut répondre à un large éventail de questions au sujet de la conception de systèmes de petite puissance. Avant de commencer, il est utile d'avoir une idée claire de la question que vous voulez que HOMER réponde. Voici quelques exemples de questions que HOMER peut vous aider à répondre :

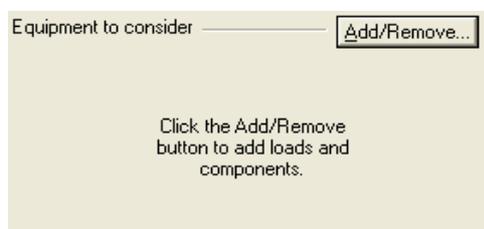
- Est-il rentable d'ajouter au groupe électrogène une éolienne ?
- A partir de quel prix du carburant diesel, le photovoltaïque sera rentable ?
- Est-ce que mon système est adapté à une demande croissante d'électricité ?
- Est-il rentable d'installer une micro-turbine pour produire électricité et chaleur pour une installation raccordée au réseau ?

Dans notre cas, nous souhaitons électrifier un village Sénégalais type de 1000 habitants. Nous connaissons alors les besoins en électricité et compte tenu des ressources locales en énergie, nous souhaitons répondre à ces besoins électriques à l'aide d'un système hybride photovoltaïque / groupe électrogène. La question que le logiciel HOMER va nous aider à répondre est la suivante:

*Quel est d'un point de vue économique, le dimensionnement optimal d'un système de production d'électricité hybride photovoltaïque / groupe électrogène compte tenu des sources locales d'énergie et des besoins en électricité ?*

## Étape 2 : Création du fichier HOMER

Cliquer sur l'icône  ou choisir le menu « File > New » pour créer un nouveau fichier HOMER. Il affiche alors un schéma vierge sur la fenêtre principale.

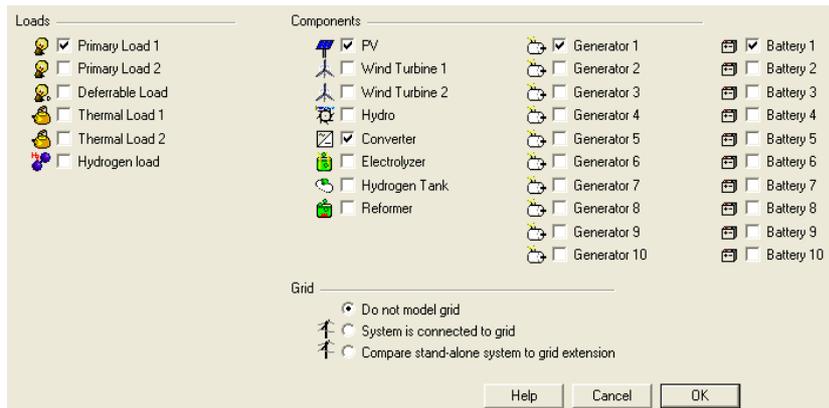


## Étape 3 : Construction du schéma

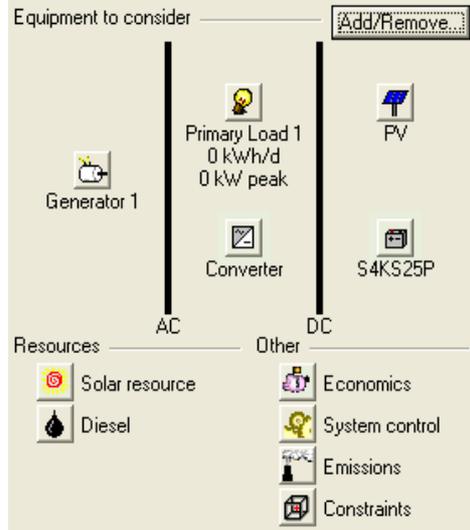
HOMER compare les différents choix technologiques dans la conception du système de production hybride. Le schéma représente l'ensemble des choix technologiques étudiés.

Dans notre cas, HOMER va simuler un système comprenant un champs de panneaux photovoltaïques, des batteries, un groupe électrogène et un convertisseur AC-DC. Cela va nous permettre de répondre à la question posée à l'étape 1.

Cliquez sur l'icône  pour ajouter les composants que nous souhaitons voir HOMER considérer :



HOMER affiche les boutons correspondants aux composants choisis sur le schéma :



Dans la section ressource, on remarque que HOMER affiche les boutons correspondants aux sources d'énergie nécessaires (ressource solaire et diesel).

## Étape 4 : Entrer les détails de la charge

Les détails de la charge sont les entrées des simulations exécutées par le logiciel. La charge en entrée correspond à la demande en électricité auquel le système doit répondre.

a) Cliquer sur l'icône  .

b) Nommer la charge et choisir le type de courant (dans notre cas : AC) :

Label  Load type:  AC  DC

c) Il existe deux solutions pour rentrer les valeurs de la charge.

c.1) La première consiste à rentrer les valeurs de la charge heure par heure, pour chaque mois si la demande en électricité varie selon la saison :

Baseline data

Month

Day type

Hour	Load (kW)
00:00 - 01:00	3.279
01:00 - 02:00	3.282
02:00 - 03:00	3.285
03:00 - 04:00	3.288
04:00 - 05:00	3.291
05:00 - 06:00	3.960
06:00 - 07:00	4.681
07:00 - 08:00	3.926
08:00 - 09:00	6.774
09:00 - 10:00	7.059
10:00 - 11:00	7.050
11:00 - 12:00	6.883

c.2) La deuxième solution consiste à importer un fichier contenant les valeurs de puissances demandées heure par heure par la charge.

Il faut créer un fichier texte avec les  $365 \times 24 = 8760$  valeurs de puissance demandées par la charge.

Ensuite, importer le fichier avec ce bouton :  Import time series data file

d) Dans le cas où la charge a été spécifiée mensuellement, renseigner la variabilité aléatoire de la charge jour après jour ou heure après heure, nous considérons que la variabilité est nulle :

Random variability

Day-to-day  %

Time-step-to-time-step  %

## Étape 5 : Entrer les détails des composants

Les détails des composants décrivent les options technologiques, les coûts, la taille et le nombre de chaque composants que HOMER va utiliser dans ses simulations.

### Détails du convertisseur

Chaque système contenant à la fois des éléments à courant continu et à courant alternatif doivent être doté d'un convertisseur.

a) Cliquer sur l'icône  afin d'accéder aux détails du convertisseur.

b) Dans la table des coûts, rentrer la taille d'un convertisseur (en kW), son coût à l'achat (en \$), son coût en remplacement (en \$) et ses coûts d'opération et maintenance (en \$). Les coûts d'opération et maintenance sont estimés à 1% de l'investissement par an .

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1.000	848	848	8

c) Dans la table des tailles à considérer, donner les puissances qui seront utilisées pour les simulations. Utiliser la valeur maximale de 30 kW compte tenu des calculs effectués lors du pré-dimensionnement.

Size (kW)
0.000
15.000
20.000
25.000
30.000

d) Renseigner ensuite les propriétés du convertisseur: la durée de vie et le rendement en mode onduleur, la capacité à fonctionner en même temps que le groupe électrogène, la capacité à fonctionner en mode redresseur et le rendement en mode redresseur :

Inverter inputs	
Lifetime (years)	<input type="text" value="20"/> {..}
Efficiency (%)	<input type="text" value="93"/> {..}
<input checked="" type="checkbox"/> Inverter can operate simultaneously with an AC generator	
Rectifier inputs	
Capacity relative to inverter (%)	<input type="text" value="100"/> {..}
Efficiency (%)	<input type="text" value="93"/> {..}

## Détails du groupe électrogène

a) Cliquer sur l'icône  afin d'accéder aux détails du groupe électrogène.

b) Dans la table des coûts, rentrer la taille d'un groupe (en kW), son coût à l'achat (en \$), son coût en remplacement (en \$) et ses coûts d'opération et maintenance (en \$). Les coûts d'opération et maintenance comprennent ceux de l'opérateur plus à 5% de l'investissement par an. Ils ne comprennent pas ceux liés à la consommation de carburant.

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/hr)
1.000	1386	1386	0.047

c) Dans la table des tailles à considérer, donner les puissances qui seront utilisées pour les simulations. Utiliser la valeur maximale de 25 kW compte tenu des calculs effectués lors du pré-dimensionnement.

Size (kW)
0.000
4.400
10.000
15.000
20.000
25.000

d) Renseigner ensuite les propriétés du groupe électrogène : la durée de vie et la charge minimale à respecter :

Properties	
Description	roupe électrogène
Abbreviation	Genset
Lifetime (operating hours)	15000
Minimum load ratio (%)	33
Type	<input checked="" type="radio"/> AC <input type="radio"/> DC

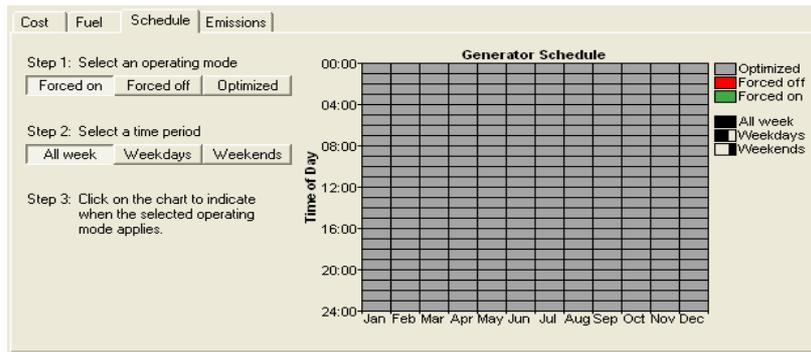
e) Dans l'onglet « Fuel », créer un nouveau type de carburant, par exemple l'huile de jatropha. Pour cela cliquer sur l'icône  . Ensuite renseigner la description, le pouvoir calorifique, la densité et les pourcentage de carbone et de soufre. Dans le cas de l'huile de jatropha, le bilan carbone est considéré comme neutre.

Description	Jatropha Oil
Lower heating value (MJ/kg)	38.8
Density (kg/m3)	920
Carbon content (%)	0
Sulfur content (%)	0
Units	Liters

f) Renseigner ensuite le coefficient d'interception et le coefficient directeur de la courbe.

Fuel curve	
Fuel	Jatropha Oil
Intercept coeff. (L/hr/kW rated)	0.08
Slope (L/hr/kW output)	0.26

g) Dans l'onglet « Schedule », définir les plages horaires d'utilisation du groupe électrogène, dans un premier temps, nous laissons le fonctionnement du groupe électrogène en optimisé :



h) Pour finir, renseigner les facteurs d'émissions :

Emissions factors

Carbon monoxide (g/L of fuel)	5.94	{}
Unburned hydrocarbons (g/L of fuel)	2.16	{}
Particulate matter (g/L of fuel)	0	{}
Proportion of fuel sulfur converted to PM (%)	0	{}
Nitrogen oxides (g/L of fuel)	10.11	{}

## Détails du champ de panneaux photovoltaïques

a) Cliquer sur l'icône  afin d'accéder aux détails du champ de panneaux photovoltaïques.

b) Dans la table des coûts, rentrer la taille d'un champ (en kWc), son coût à l'achat (en \$), son coût en remplacement (en \$) et ses coûts d'opération et maintenance (en \$). Les coûts d'opération et maintenance comprennent le salaire d'un technicien ainsi que 1% de l'investissement par année.

Costs

Size (kW)	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1.000	2774	2774	28

c) Dans la table des tailles à considérer, donner les puissances qui seront utilisées pour les simulations. Utiliser la valeur maximale de 70 kWc compte tenu des calculs effectués lors du pré-dimensionnement.

Sizes to consider

Size (kW)
0.000
40.000
50.000
60.000
70.000

d) Renseigner ensuite les propriétés du champ de panneaux photovoltaïques : le type de courant, la durée de vie, les pertes causées par la chaleur et l'encrassement, l'inclinaison, l'orientation et la réflectivité du sol :

Properties

Output current  AC  DC

Lifetime (years)  (.)

Derating factor (%)  (.)

Slope (degrees)  (.)

Azimuth (degrees W of S)  (.)

Ground reflectance (%)  (.)

e) Renseigner les propriétés avancées : considération des effets de la température, coefficient de perte de puissance du à la température, température nominale d'utilisation et rendement dans les conditions standards.

Advanced

Tracking system  (.)

Consider effect of temperature

Temperature coeff. of power (%/°C)  (.)

Nominal operating cell temp. (°C)  (.)

Efficiency at std. test conditions (%)  (.)

## Détails des batteries de stockage

a) Cliquer sur  l'icône afin d'accéder aux détails des batteries de stockage.

Sachant que la tension du système est de 48 V, les batteries de 2 V, le système sera composé de chaînes de minimum 24 batteries. La capacité nécessaire maximale est de 4689 Ah, il nous faut 5 chaînes de 24 batteries de 1000 Ah maximum.

b) Choisir le type de batterie  (.), puis cliquer sur  afin de régler le taux minimal de charge :

Nominal capacity (Ah)	1000
Nominal voltage (V)	2
Round trip efficiency (%)	86
Min. state of charge (%)	60
Float life (yrs)	20
Max. charge rate (A/Ah)	1
Max. charge current (A)	202
Lifetime throughput (kWh)	3577
Suggested value (kWh)	3577

c) Une fois la batterie créée, aller dans la table des coûts. Rentrer un nombre de batteries, son coût à l'achat (en \$), son coût en remplacement (en \$) et ses coûts d'opération et maintenance (en \$). Les coûts d'opération et maintenance correspond à 1% de l'investissement par année sans compter le remplacement des batteries.

Costs			
Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/yr)
1	838	838	41.92

Sizes to consider	
Strings	
0	
1	
2	
3	
4	
5	

d) Dans la table des tailles à considérer, donner le nombre de chaînes de 24 batteries qui seront utilisées pour les simulations. Utiliser la valeur maximale de 5 compte tenu des calculs effectués lors du pré-dimensionnement.

e) Renseigner les paramètres avancés :

Advanced	
Batteries per string	24 (48 V bus)
<input checked="" type="checkbox"/> Minimum battery life (yr)	8 {..}

## Étape 6 : Entrer les détails des ressources

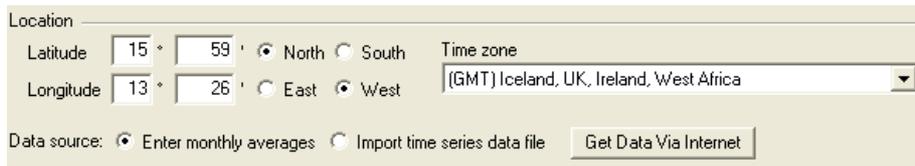
Les données de ressource décrivent les potentiel de l'énergie radiative du soleil et du carburant pour chaque heure de l'année.

### Détails de l'énergie radiative du soleil

a) Cliquer sur l'icône  afin d'accéder aux détails de l'énergie radiative du soleil.

b) Il existe deux solutions pour récupérer les données de radiation du soleil.

b.1) La première consiste à rentrer les coordonnées géographiques, HOMER se charge ensuite de récupérer l'irradiation moyenne mensuelle.



Location

Latitude 15 ° 59 '  North  South Time zone [GMT] Iceland, UK, Ireland, West Africa

Longitude 13 ° 26 '  East  West

Data source:  Enter monthly averages  Import time series data file

b.2) La deuxième solution consiste à récupérer des données plus précises sur le site Joint Research Center of the European Commission – PVGIS : <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.

Il faut créer un fichier texte avec les  $365 \times 24 = 8760$  valeurs de radiation du soleil en kWh.

Ensuite, importer le fichier avec ce bouton :  Import time series data file

### Détails des ressources en huile végétale

a) Cliquer sur l'icône  afin d'accéder aux détails des ressources en huile végétale.

b) Renseigner le prix au litre de l'huile végétale :



Price (\$/L) 1.24 { }

## Étape 7 : Rentrer les détails économiques

a) Cliquer sur l'icône  afin d'accéder aux détails économiques du système.

b) Renseigner le taux d'intérêt réel annuel, la durée de vie du projet, les coûts fixes du système en capital, les coûts fixe du système en opération et maintenance et les pénalités dues aux coupures de courant.

Dans notre cas, le taux d'intérêt réel annuel est de 8%, la durée de vie du projet de 20 ans, et les coûts d'opération et de maintenance correspondent aux salaires de deux techniciens.

Annual real interest rate (%)	<input type="text" value="8"/>	<input type="button" value="()"/>
Project lifetime (years)	<input type="text" value="20"/>	<input type="button" value="()"/>
System fixed capital cost (\$)	<input type="text" value="0"/>	<input type="button" value="()"/>
System fixed O&M cost (\$/yr)	<input type="text" value="2489.62"/>	<input type="button" value="()"/>
Capacity shortage penalty (\$/kWh)	<input type="text" value="0"/>	<input type="button" value="()"/>

## Étape 8 : Rentrer les détails de contrôle du système

a) Cliquer sur l'icône  afin d'accéder aux détails de contrôle du système.

b) Renseigner l'échantillonnage en temps, les différents modes de fonctionnement et de contrôle du groupe électrogène, les paramètres liés à l'excès d'électricité.

Simulation	
Simulation time step (minutes)	<input type="text" value="60"/> <input type="button" value="()"/>
Dispatch strategy	
<input checked="" type="checkbox"/> Load following	
<input checked="" type="checkbox"/> Cycle charging	
<input checked="" type="checkbox"/> Apply setpoint state of charge (%)	<input type="text" value="100"/> <input type="button" value="()"/>
Generator control	
<input checked="" type="checkbox"/> Allow systems with multiple generators	
<input checked="" type="checkbox"/> Allow multiple generators to operate simultaneously	
<input checked="" type="checkbox"/> Allow systems with generator capacity less than peak load	
Other settings	
<input type="checkbox"/> Allow systems with two types of wind turbines	
<input type="checkbox"/> Allow excess electricity to serve thermal load	
<input type="checkbox"/> Limit excess thermal output (% of load)	<input type="text" value="10"/> <input type="button" value="()"/>

## Étape 9 : Rentrer les détails de la température

HOMER utilise la température afin de calculer la production d'électricité par les panneaux photovoltaïques. En effet, plus la température est élevée, plus le rendement des panneaux photovoltaïques est faible.

a) Cliquer sur l'icône  afin d'accéder aux détails de la température.

b) Il existe deux solutions pour renseigner les températures.

b.1) La première consiste à renseigner directement les températures mensuelles moyennes.

b.2) La deuxième solution consiste à récupérer des données plus précise à partir d'une base de donnée.

Month	Temperature (°C)
January	24.2
February	26.9
March	29.7
April	32.6
May	34.8
June	33.9
July	31.0
August	29.7
September	29.7
October	31.0
November	28.6
December	29.7
Annual average:	30.2

Il faut créer un fichier texte avec les  $365 \times 24 = 8760$  valeurs de température.

Ensuite, importer le fichier avec ce bouton : 

## Étape 10 : Rentrer les contraintes du système

Les contraintes sont les conditions que le système doit satisfaire. HOMER met de côté les systèmes ne satisfaisant pas les contraintes, ils n'apparaissent donc pas dans les résultats d'optimisation.

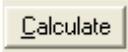
a) Cliquer sur l'icône  afin d'accéder contraintes du système.

b) Renseigner les différentes contraintes : le taux annuel de coupure de courant, la part minimale en énergie renouvelable (attention, le groupe électrogène est considéré comme une source d'énergie non renouvelable même si il est alimenté en huile végétale), le surplus temporaire de puissance.

Maximum annual capacity shortage (%)	<input type="text" value="0"/>
Minimum renewable fraction (%)	<input type="text" value="0"/>
Operating reserve	
As percent of load	
Hourly load (%)	<input type="text" value="10"/>
Annual peak load (%)	<input type="text" value="0"/>
As percent of renewable output	
Solar power output (%)	<input type="text" value="25"/>
Wind power output (%)	<input type="text" value="0"/>

## Étape 11 : vérifier les entrées et corriger les erreurs

Maintenant que le système est complètement renseigné, lancer une première simulation.

a) Cliquer sur le bouton  pour lancer le calcul.

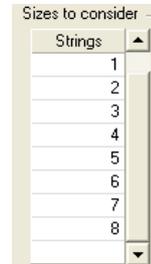
Simulations: 1498 of 1800 Progress:   
Sensitivities: 0 of 1 Status: Calculating...

A la fin du calcul, il peut avoir un message d'avertissement comme celui-ci :



Même si HOMER trouve des solutions, il se peut qu'un meilleur dimensionnement soit plus avantageux. Dans notre cas, un nombre de batteries plus important pourrait baisser le coût de notre système.

b) Rajouter (dans ce cas) d'autres chaînes de batteries de stockage.



c) Recommencer le calcul.

## Étape 12 : Examiner les résultats d'optimisation

HOMER simule les configurations du système avec toutes les combinaisons des composants spécifiés en entrée. Il élimine des résultats tous les configurations de systèmes infaisables, qui ne sont pas en adéquation avec la demande en électricité ni ne sont compatible avec les ressources et les contraintes spécifiées.

a) Une fois le calcul terminé et sans message d'avertissement, les résultats sont classés en fonction du coût sur la durée de vie.

a.1) Nous pouvons voir la meilleure solution par type de système :

Sensitivity Results		Optimization Results													
Double click on a system below for simulation results.															
<input checked="" type="radio"/> Categorized <input type="radio"/> Overall															
	PV (kW)	GE (kW)	H1000	Conv. (kW)	Disp. Strgy	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	CDE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Jatropha Oil (L)	GE (hrs)	Batt. Lf. (yr)		
  	50	9.6	120	15	LF	\$ 265,286	17,900	\$ 441,032	0.703	0.93	2,979	1,735	11.7		
  	60		144	20	CC	\$ 304,072	14,336	\$ 444,827	0.709	1.00			12.0		
  		9.6	48	15	CC	\$ 66,250	48,269	\$ 540,165	0.861	0.00	26,032	8,751	18.7		
  	40	20.0		15	CC	\$ 151,400	49,990	\$ 642,206	1.024	0.52	24,775	6,018			
  		20.0			CC	\$ 27,720	69,766	\$ 712,693	1.136	0.00	35,400	8,760			

a.2) Ou l'ensemble des solutions classées par coût sur la durée de vie :

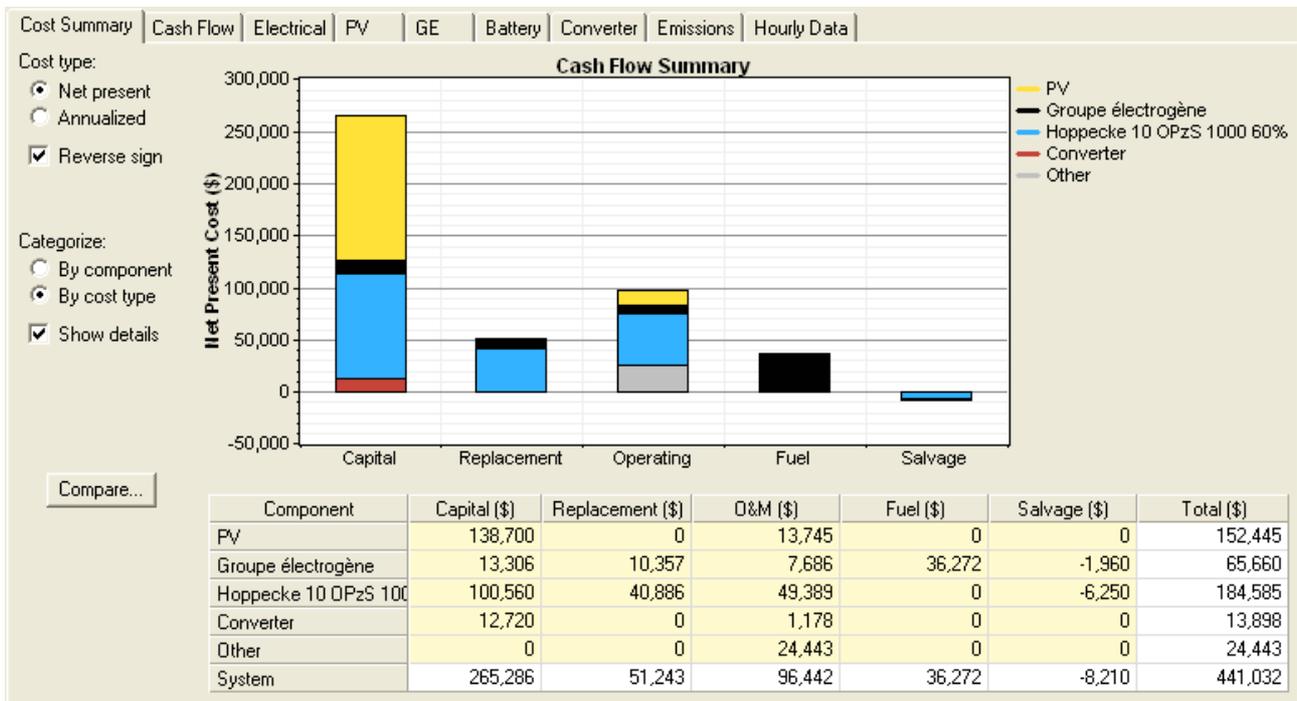
Sensitivity Results		Optimization Results													
Double click on a system below for simulation results.															
<input type="radio"/> Categorized <input checked="" type="radio"/> Overall															
☰	☒	PV (kW)	GE (kW)	H1000	Conv. (kW)	Disp. Strgy	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Jatropha Oil (L)	GE (hrs)	Batt. Lf. (yr)	
☰	☒	50	9.6	120	15	LF	\$ 265,286	17,900	\$ 441,032	0.703	0.93	2,979	1,735	11.7	
☰	☒	60		144	20	CC	\$ 304,072	14,336	\$ 444,827	0.709	1.00			12.0	
☰	☒	60		144	20	LF	\$ 304,072	14,336	\$ 444,827	0.709	1.00			12.0	
☰	☒	50	9.6	120	20	LF	\$ 269,526	17,935	\$ 445,617	0.711	0.93	2,972	1,701	11.6	
☰	☒	50	9.6	144	20	LF	\$ 289,638	16,106	\$ 447,770	0.714	0.96	1,679	964	13.0	
☰	☒	60		144	25	CC	\$ 308,312	14,376	\$ 449,460	0.717	1.00			12.0	
☰	☒	60		144	25	LF	\$ 308,312	14,376	\$ 449,460	0.717	1.00			12.0	
☰	☒	60	4.4	144	20	CC	\$ 310,170	14,206	\$ 449,643	0.717	1.00		0	12.0	
☰	☒	60	4.4	144	20	LF	\$ 310,170	14,206	\$ 449,643	0.717	1.00		0	12.0	
☰	☒	50	9.6	120	25	LF	\$ 273,766	17,975	\$ 450,249	0.718	0.93	2,972	1,701	11.6	
☰	☒	50	9.6	144	25	LF	\$ 293,878	16,146	\$ 452,403	0.721	0.96	1,679	964	13.0	
☰	☒	50	15.0	120	15	LF	\$ 272,770	18,355	\$ 452,985	0.722	0.92	3,453	1,310	12.0	
☰	☒	60		144	30	CC	\$ 312,552	14,416	\$ 454,092	0.724	1.00			12.0	
☰	☒	60		144	30	LF	\$ 312,552	14,416	\$ 454,092	0.724	1.00			12.0	
☰	☒	60	4.4	144	25	CC	\$ 314,410	14,246	\$ 454,276	0.724	1.00		0	12.0	
☰	☒	60	4.4	144	25	LF	\$ 314,410	14,246	\$ 454,276	0.724	1.00		0	12.0	

b) Afin de voir les détails d'une solution, double-cliquer dessus.

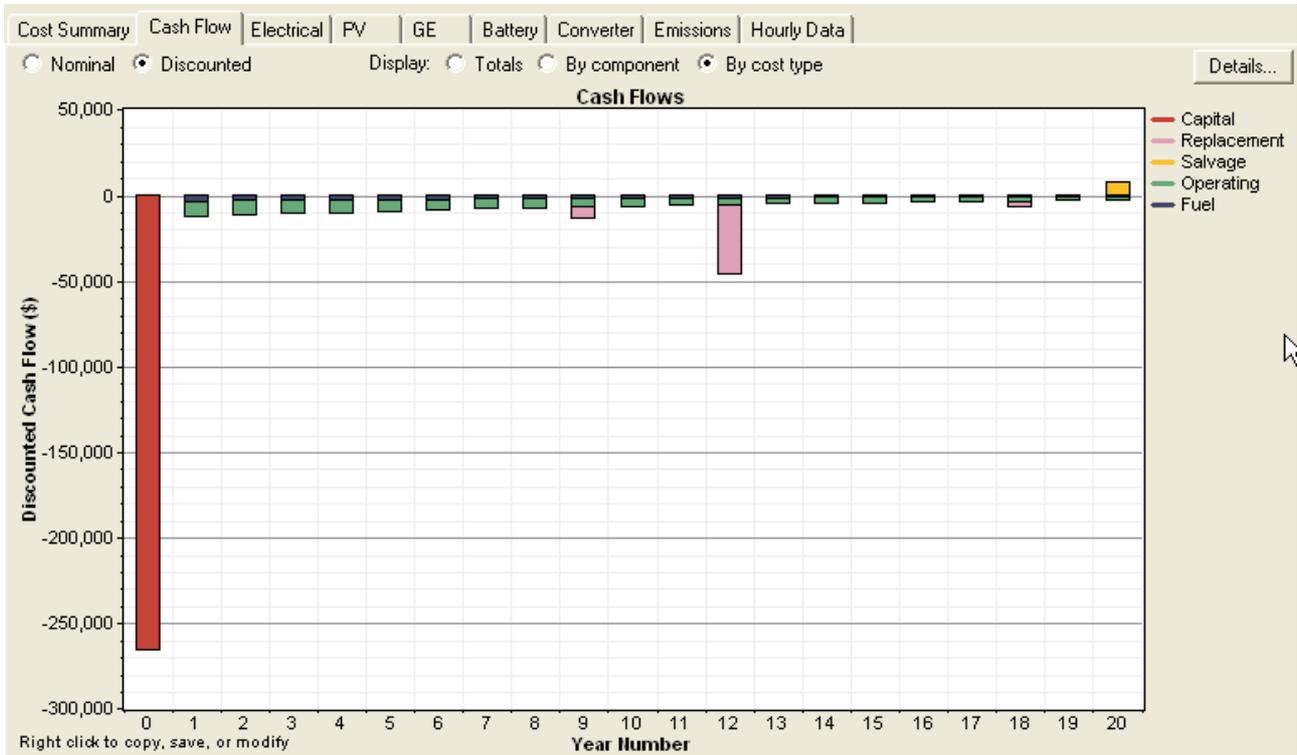
☰	☒	PV (kW)	GE (kW)	H1000	Conv. (kW)	Disp. Strgy	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Jatropha Oil (L)	GE (hrs)	Batt. Lf. (yr)
☰	☒	50	9.6	120	15	LF	\$ 265,286	17,900	\$ 441,032	0.703	0.93	2,979	1,735	11.7
☰	☒	60		144	20	CC	\$ 304,072	14,336	\$ 444,827	0.709	1.00			12.0
☰	☒	60		144	20	LF	\$ 304,072	14,336	\$ 444,827	0.709	1.00			12.0

Dans la fenêtre des résultats de simulation, nous pouvons voir plusieurs détails techniques et économiques à propos de chaque configuration de système que HOMER simule.

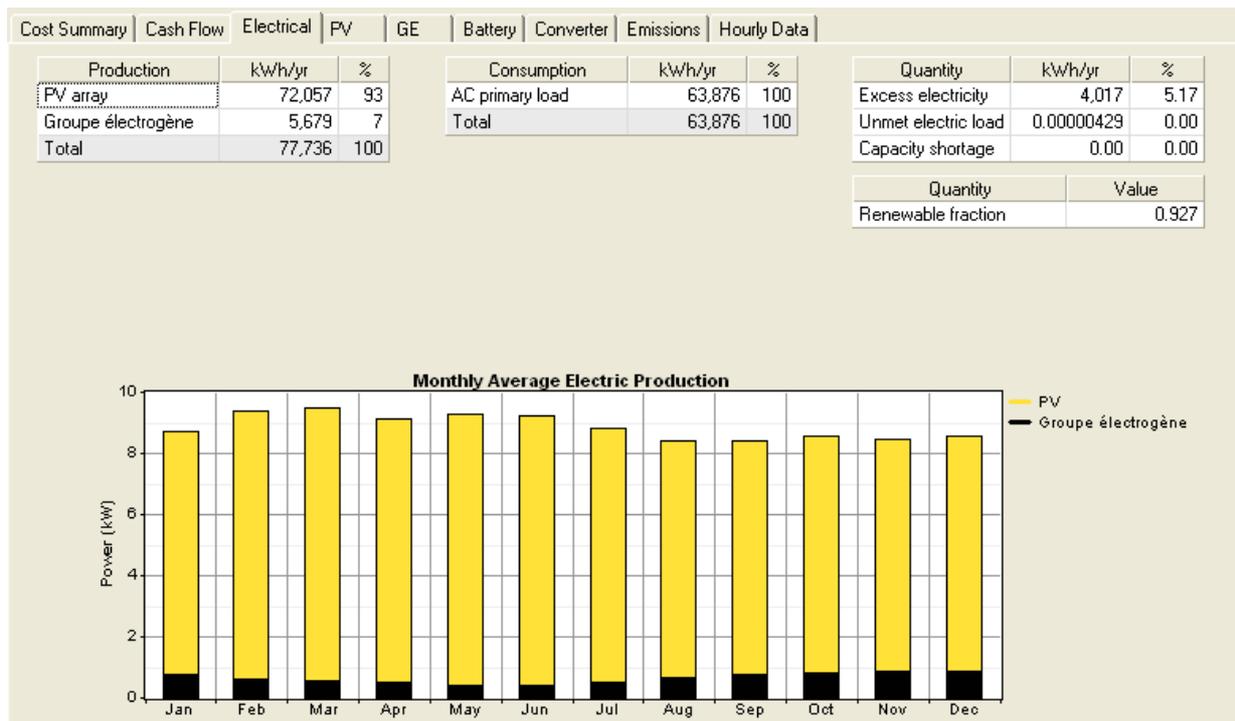
b.1) L'onglet « Cost summary » affiche les « cash flows » que ce soit en valeur actuel ou en coût actualisé, catégorisé par type de composants ou par type de coûts. Il permet aussi l'accès à la fenêtre de comparaison des coûts entre les différentes solutions.



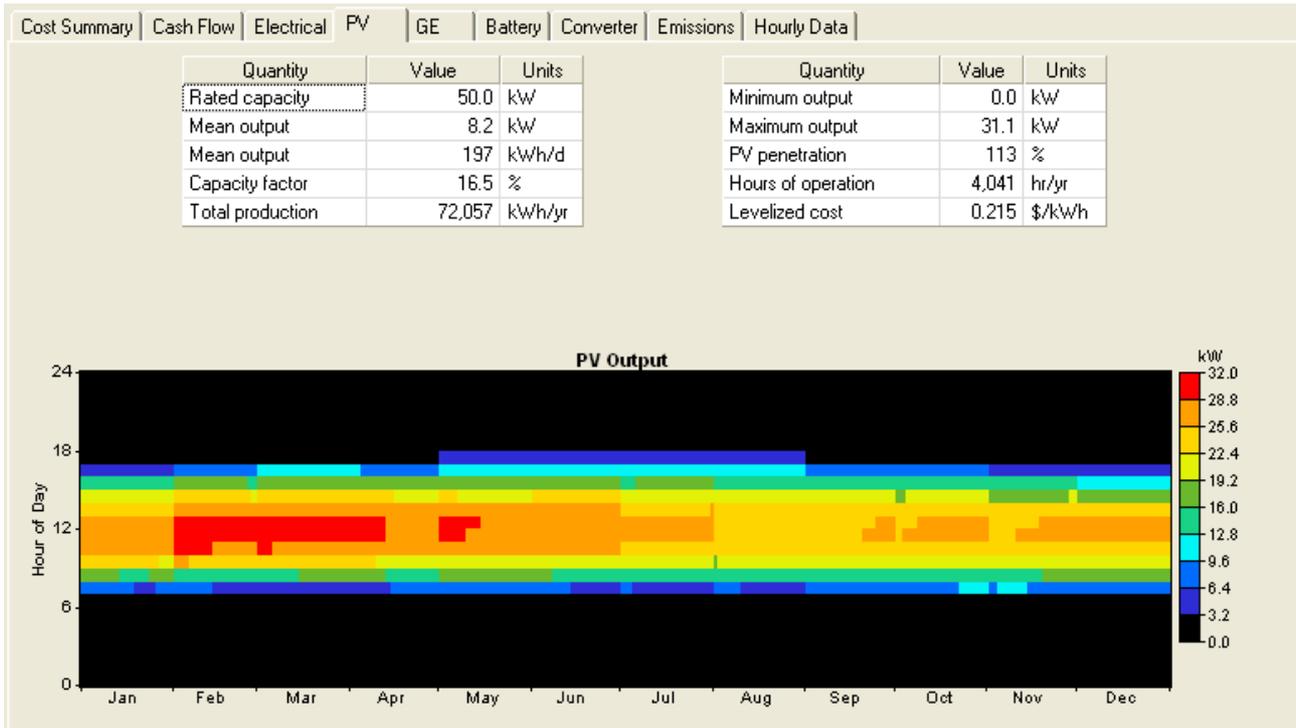
b.2) L'onglet « Cash Flow » montre le graphique du cash flow correspondant au système. Chaque barre du graphe représente soit les dépenses totales soit les recettes totales d'une année. La première barre, de l'année zéro, montre le coût d'investissement du système. Une valeur négative représente une dépense, comme le coût du carburant, du remplacement des composants ou de l'opération et de la maintenance (O&M). Une valeur positive représente une recette, qui peut être la vente d'électricité ou la revente des composants au démontage du système à la fin de la vie du projet.



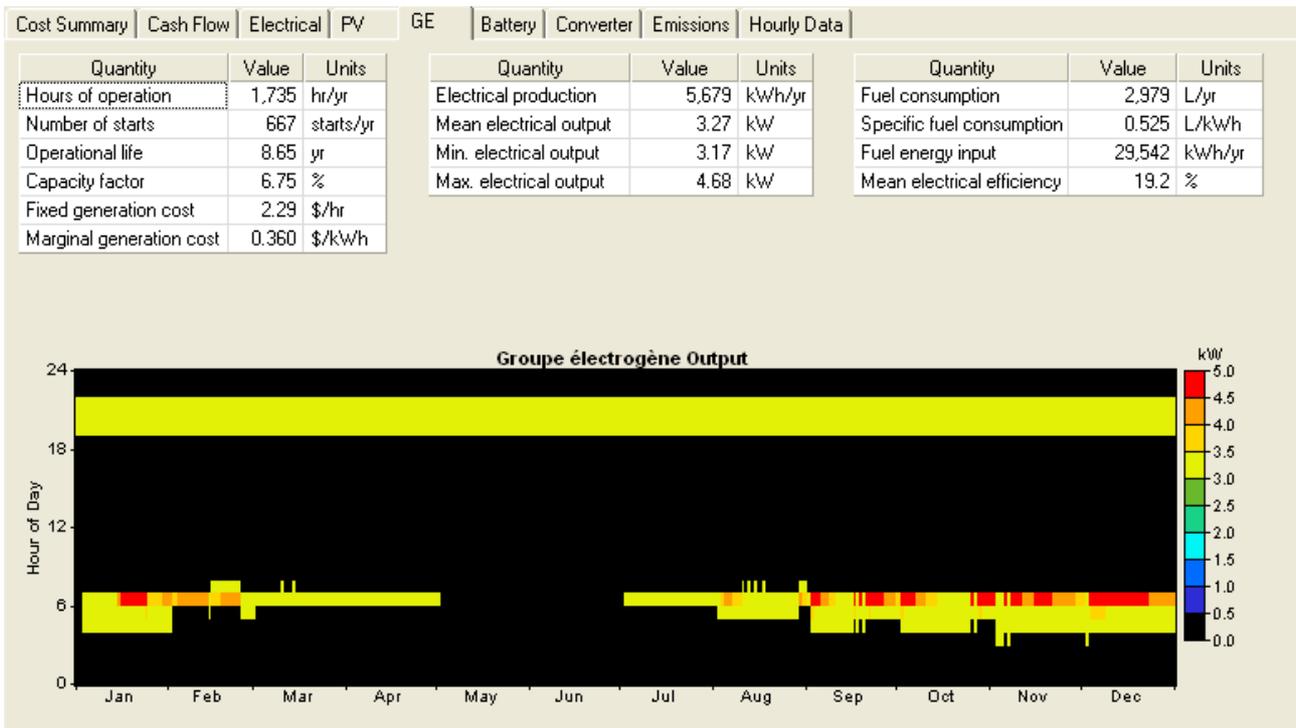
b.3) L'onglet « Electrical » montre les détails de la production et la consommation annuelle d'électricité du système.



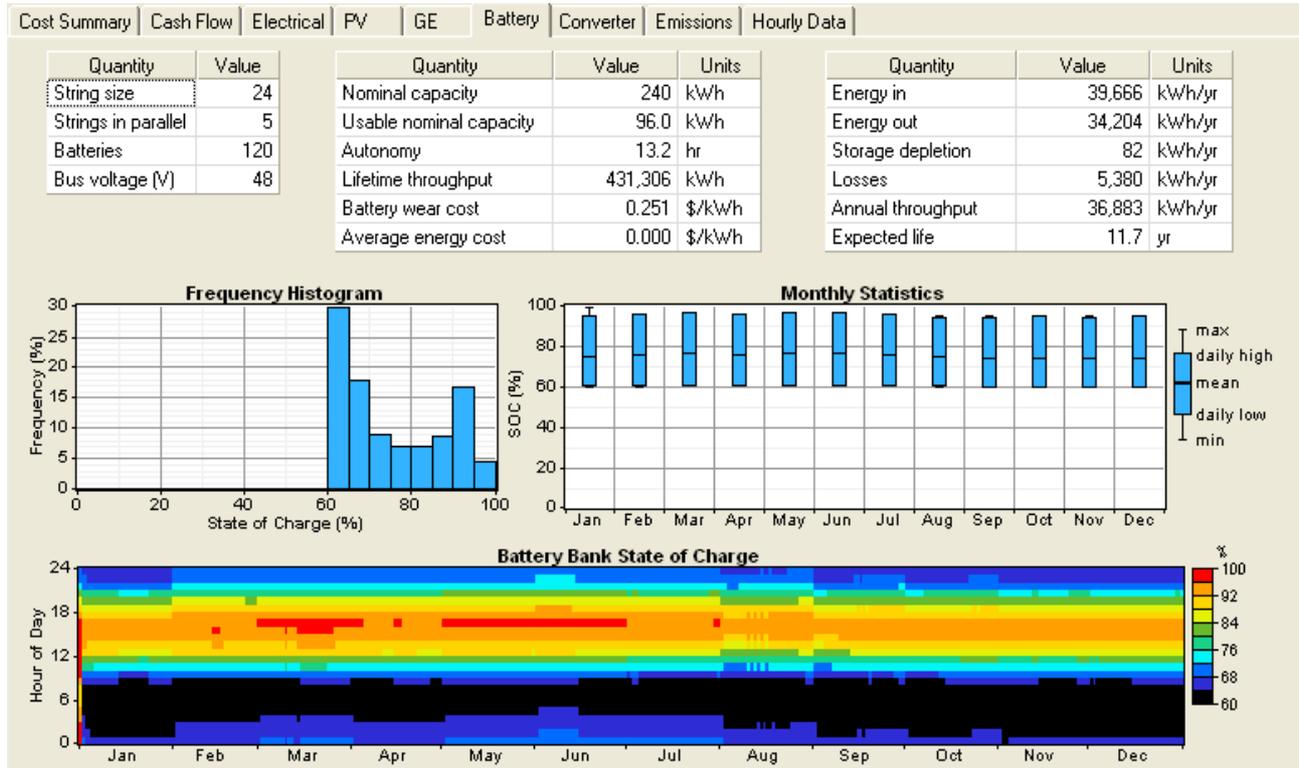
b.4) L'onglet « PV » montre les détails du fonctionnement du champ de panneaux photovoltaïques.



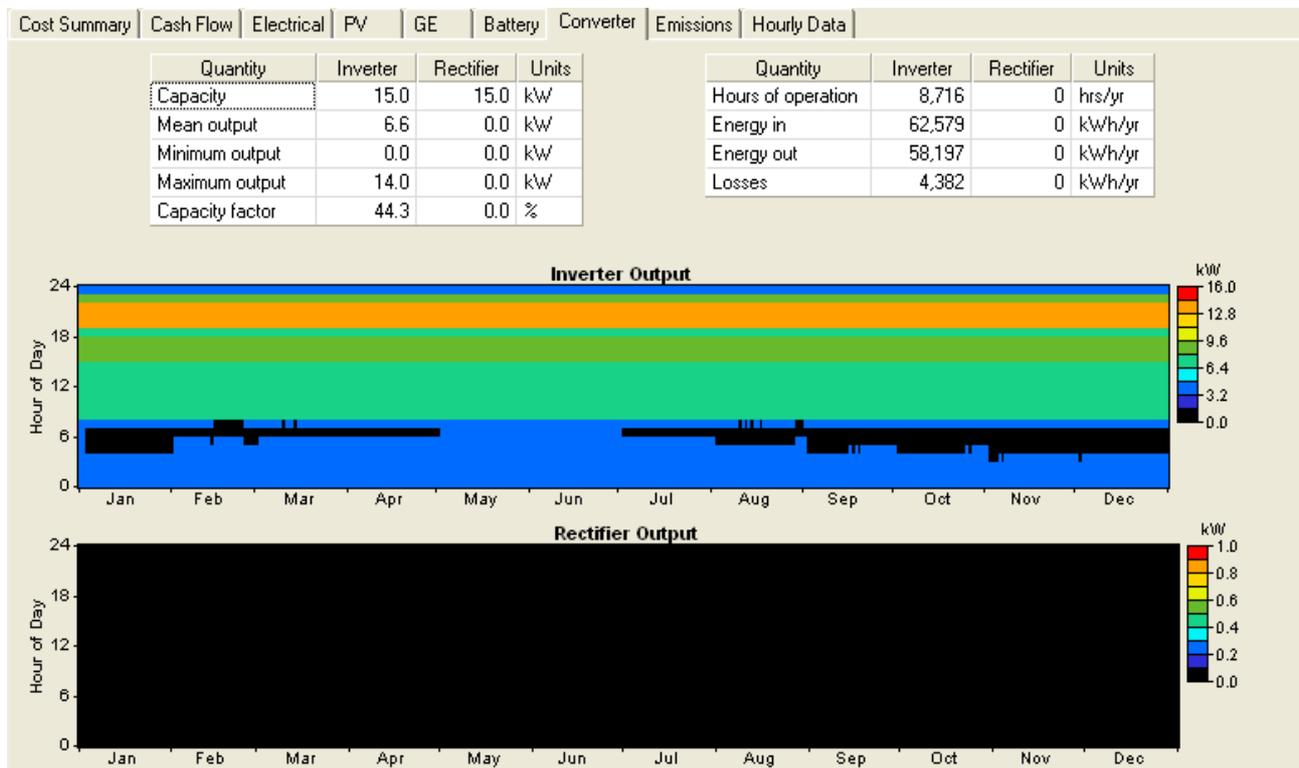
b.5) L'onglet « GE » montre les détails du fonctionnement du groupe électrogène.



b.6) L'onglet « Battery » montre l'utilisation et la durée de vie espérée des batteries. Il contient aussi trois graphiques montrant l'état de charge du système de stockage sur l'année.



b.7) L'onglet « Converter » montre les détails du fonctionnement du convertisseur de courant continu / alternatif, dont la capacité, les entrées et sorties électriques, les heures de fonctionnement et les pertes.



b.8) L'onglet « Emissions » montre la quantité de polluants produits annuellement par le système. Les polluants proviennent de la consommation de carburant dans le groupe électrogène.

Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	-27.8
Carbon monoxide	17.7
Unburned hydrocarbons	6.44
Particulate matter	0
Sulfur dioxide	0
Nitrogen oxides	30.1

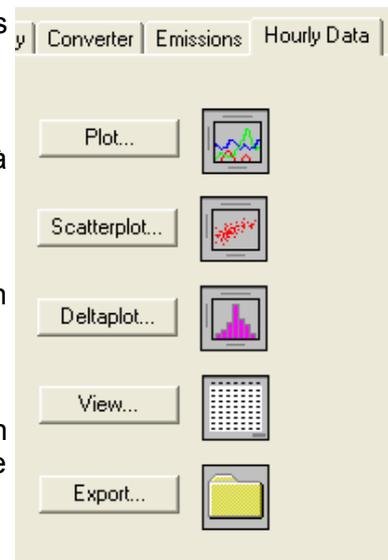
b.9) L'onglet « Hourly Data » nous permet d'analyser les résultats de simulation de manière détaillée de différentes façons :

-le bouton « Plot... » affiche les données de simulation sous plusieurs formats graphiques ;

-le bouton « Scatterplot » affiche un champ de donnée par rapport à un autre sur un graphique ;

-le bouton « View... » affiche les données de simulation dans un tableau ;

-le bouton « Export... » nous permet d'exporter les données dans un fichier texte, de manière à les analyser par exemple avec un autre logiciel.



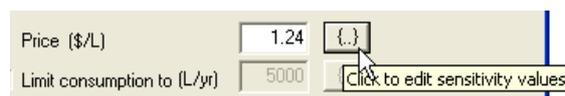
## Étape 13 : Ajouter des variables de sensibilité

Une fois le premier dimensionnement réalisé, il est intéressant de faire évoluer certains paramètres de manière à anticiper de possible surcoûts.

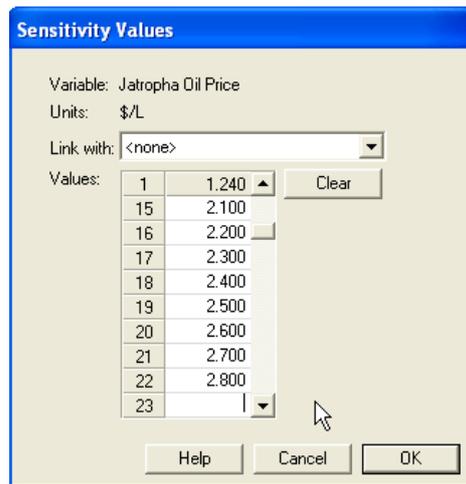
Dans notre cas nous allons étudier l'impact de l'évolution des prix des carburants et l'impact du rayonnement solaire sur le choix de type de système de production d'électricité.

a) Ouvrir la fenêtre « Jatropha Oil » afin d'ajouter les évolutions du prix de l'huile végétale. Pour cela cliquer sur l'icône 

b) Cliquer sur le bouton de sensibilité  du prix du carburant



c) Ajouter les valeurs que l'on souhaite étudier.

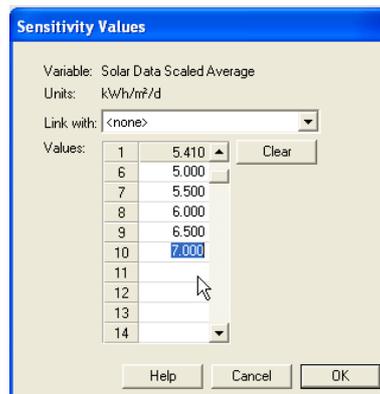


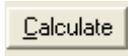
d) Ouvrir la fenêtre « Solar Resource » afin d'ajouter les différents rayonnements solaires étudiés. Pour cela cliquer sur l'icône 

e) Cliquer sur le bouton de sensibilité  de la moyenne annuelle du rayonnement solaire.



f) Ajouter les valeurs que l'on souhaite étudier.



g) Cliquer sur le bouton  pour lancer le calcul.

Simulations: 106 of 3240    Progress:   
Sensitivities: 0 of 220    Status: 7 hrs 59 min remaining

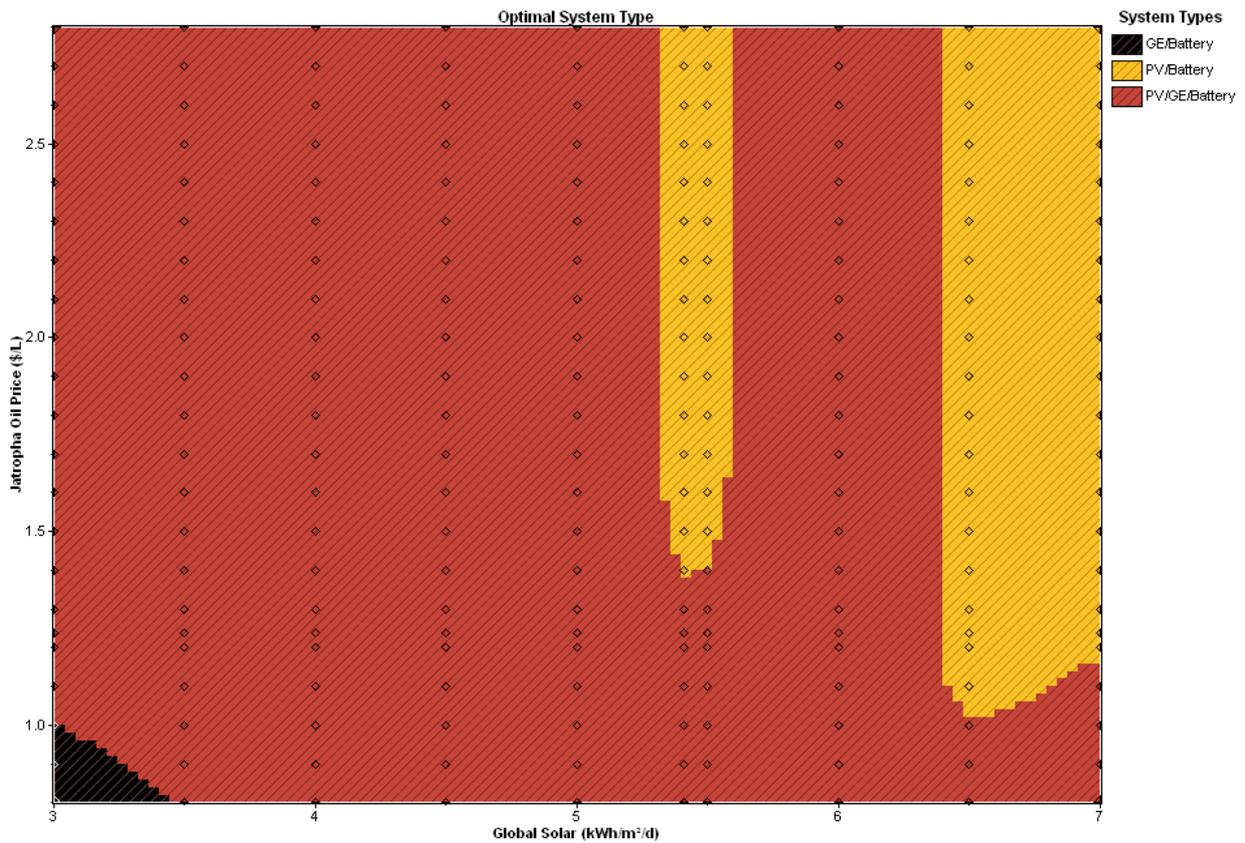
A la fin du calcul, il peut avoir un message d'avertissement comme celui-ci :



Même si HOMER trouve des solutions, il se peut qu'un meilleur dimensionnement soit plus avantageux. Dans notre cas, un champs de panneaux photovoltaïques plus puissant pourrait baisser le coût de notre système.

De plus, lorsque nous regardons le graphique des types de systèmes optimaux en fonction du prix du carburant et du rayonnement solaire, nous pouvons remarquer un manque de précision autour

des choix de systèmes tout photovoltaïque (zone jaune) et autour du choix de système tout groupe électrogène (zone noir) :



h) Rajouter (dans ce cas) d'autres choix de puissance de panneaux photovoltaïques.

Sizes to consider

Size (kW)

- 70.000
- 80.000
- 90.000
- 100.000
- 110.000
- 120.000

i) Raffiner les variables de sensibilités du rayonnement solaire moyen.

Variable: Solar Data Scaled Average  
 Units: kWh/m²/d  
 Link with: <none>  
 Values:

1	5.410	Clear
8	6.000	
9	6.500	
10	7.000	
11	3.250	
12	5.250	
13	5.750	
14	6.250	
15		
16		

j) Relancer le calcul.

# Résumé

Voici les principales idées à retenir lors de l'utilisation de HOMER :

Pour utiliser HOMER, vous commencez par renseigner les besoins en électricité, les composants du système et les ressources énergétiques disponibles. Le logiciel calcule et affiche alors les résultats sous forme de tableaux et de graphiques.

Le logiciel HOMER s'utilise selon un processus itératif. Il est possible de commencer les calculs avec des données d'entrée approximatives. Après analyses des résultats, affinez les estimations et répétez le processus autant de fois que nécessaire pour obtenir des résultats raisonnablement précis.

Vous pouvez utiliser HOMER pour simuler un système de production d'électricité, optimiser les options de conception selon des critères de coûts et d'efficacité, ou pour analyser le comportement du système lors de la variation de paramètres comme la disponibilité des ressources et l'évolution de la consommation d'électricité.

HOMER est un logiciel de simulation fonctionnant sur une base horaire. La durée de simulation est basée sur une année. Ainsi il est possible de prendre en compte la variation de paramètres comme la demande en électricité, l'apport d'énergie solaire ou d'énergie éolienne. Il est même possible d'importer des données expérimentales à partir de fichiers formatés correctement.

HOMER est avant tout un modèle économique. Vous pouvez utiliser le logiciel pour comparer les différentes combinaisons de tailles et de nombres de composants, et d'étudier comment les variations de la disponibilité des ressources affectent le coût d'installation et d'exploitation des différentes solutions de systèmes. Certaines contraintes techniques importantes, comme les niveaux de tension des bus, les échanges intra-heure, les performances des composants et les stratégies complexes d'utilisation du groupe électrogène sont au-delà de la portée d'un modèle économique comme HOMER. Dans ce cas, le NREL a développé un outil complémentaire : Hybrid2.

## Contacts

Document réalisé par :

### **Vincent Demeusy**

Co-fondateur de Solarpedia.fr  
[vincent.demeusy@solarpedia.fr](mailto:vincent.demeusy@solarpedia.fr)  
<http://www.solarpedia.fr>

Pour le NREL et Homer Energy :

### **Peter Lilienthal, PhD**

HOMER Energy  
[peter.lilienthal@homerenergy.com](mailto:peter.lilienthal@homerenergy.com)  
phone: (303) 384 - 7444  
fax: (303) 384 – 7411

### **Tom Lambert, P.Eng.**

Mistaya Engineering Inc.  
[tomlambert@mistaya.ca](mailto:tomlambert@mistaya.ca)  
<http://www.mistaya.ca>

### **Paul Gilman**

HOMER Energy  
[paul\\_gilman@nrel.gov](mailto:paul_gilman@nrel.gov)

### **HOMER Energy**

2334 Broadway, Suite B  
Boulder, CO, 80304 USA  
+1-720-565-4046  
<http://www.homerenergy.com>

### **National Renewable Energy Laboratory**

1617 Cole Boulevard  
Golden, CO, 80401 USA  
<http://www.nrel.gov>