



*Version 8*

# Simulation Pseudo-sous-horaire

PVsyst SA  
[www.pvsyst.com](http://www.pvsyst.com)

## Sommaire

1	Principe de fonctionnement.....	3
1.1	Prérequis pour PVsyst.....	3
1.2	Exigences en matière de données.....	4
1.3	Division des données.....	6
1.4	Format de conversion MEF.....	6
1.5	Décalage temporel.....	9
1.6	Création des fichiers MET.....	11
1.7	Simulation batch.....	11
1.8	Rassembler les résultats.....	14
2	Considérations avancées.....	14
2.1	Modélisation de la température du champ PV.....	14
2.2	Transposition de l'irradiance.....	16

# 1 Principe de fonctionnement

L'idée de base de cette approche consiste en les étapes suivantes illustrées dans la figure ci-dessous :

- Diviser les données au niveau de la minute en tranches d'horodatage minute, une pour chaque horodatage minute dans l'heure
- Appliquer le décalage temporel nécessaire et les faire passer par la simulation horaire
- Réassembler les sorties horaires (jusqu'à 60) pour obtenir le résultat d'une simulation équivalente à une simulation sous horaire.

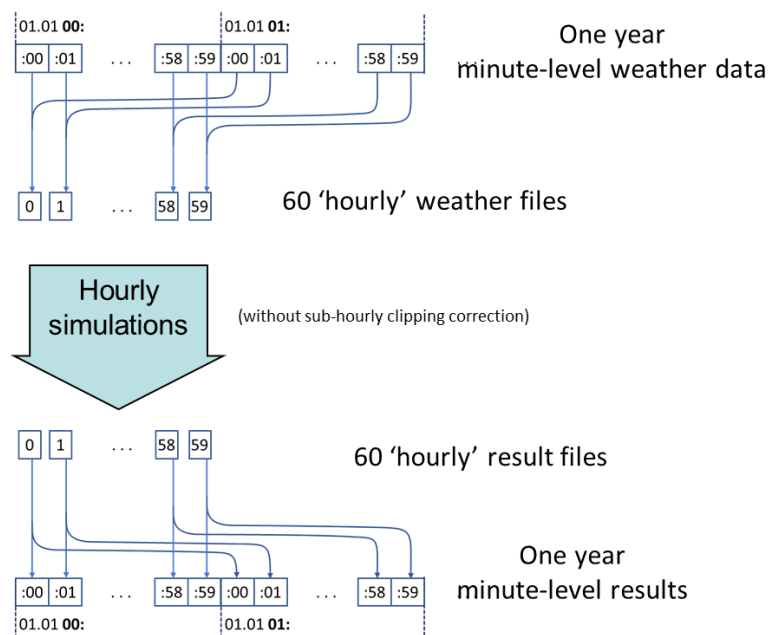


Figure 1 : Schéma général des simulations pseudo- sous horaires

Dans les paragraphes suivants, nous expliquerons en détail chacune des étapes.

## 1.1 Prérequis pour PVsyst

Cette procédure nécessite de s'appuyer fortement sur des décalages temporels pour la conversion des données météorologiques dans les fichiers MET. Afin d'éviter les limitations appliquées aux données horaires, il est essentiel de modifier deux paramètres avancés (Fenêtre d'accueil > Paramètres > Modifier les paramètres avancés) :

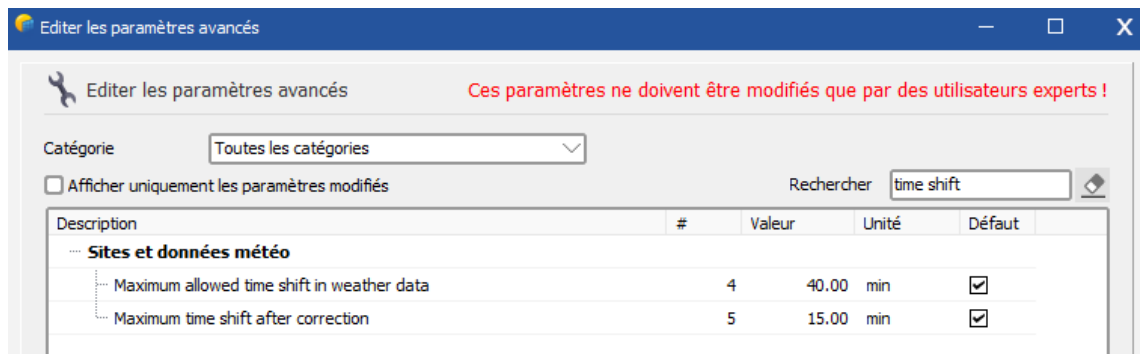


Figure 2 : Prérequis dans PVsyst, paramètres avancés

## 1.2 Exigences en matière de données

Les données doivent être horodatées à des intervalles de 30, 20, 15, 12, 10, 5, 4, 3, 2 ou 1 minute.

Les variations sous-horaire de l'irradiance peuvent se produire sur des échelles de temps courtes (de l'ordre de quelques minutes). La correction sera plus précise avec des données à résolution plus fine.

Les données doivent satisfaire aux exigences habituelles pour les données météorologiques qui seront importées dans PVsyst.

Elles doivent contenir au moins l'une des valeurs suivantes : GHI, POA, DNI, ainsi qu'une mesure de la température ambiante. Les données doivent être organisées avec un horodatage par ligne.

Exemple : fichier de données d'une minute

```
DATE (MM/DD/YYYY),HST,Global Horizontal [W/m^2],Air Temperature [deg C],Rel
Humidity [%],Avg Wind Speed @ 10m [m/s]
1/1/2013,00:00,0,22.38,77.69,2.502
1/1/2013,00:01,0,22.37,77.72,2.499
1/1/2013,00:02,0,22.36,77.8,2.316
1/1/2013,00:03,0,22.35,77.91,2.252
1/1/2013,00:04,0,22.34,77.99,2.259
1/1/2013,00:05,0,22.32,77.97,2.332
...
```

Le texte ci-dessus montre le document texte brut avec des couleurs différentes pour les colonnes.

Dans un programme de tableur comme Excel ou LibreOffice Calc, le même extrait ressemblerait à ceci :

DATE (MM/DD/YYYY)	HST	Global Horizontal [W/m <sup>2</sup> ]	Air Temperature [deg C]	Rel Humidity[%]	Avg Wind Speed @ 10m [m/s]
01.01.2013	00:00	0	22.38	77.69	2.502
01.01.2013	00:01	0	22.37	77.72	2.499
01.01.2013	00:02	0	22.36	77.8	2.316
01.01.2013	00:03	0	22.35	77.91	2.252
01.01.2013	00:04	0	22.34	77.99	2.259
01.01.2013	00:05	0	22.32	77.97	2.332

Figure 3 Sub-hourly data in a spreadsheet software

### 1.3 Division des données

À partir de données organisées chronologiquement, les données doivent être divisées en plusieurs fichiers, un pour chaque horodatage différent dans les données.

Exemple : contenu du fichier de données horodaté à :01.

```
DATE (MM/DD/YYYY),HST,Global Horizontal [W/m^2],Air Temperature [deg C],Rel
Humidity [%],Avg Wind Speed @ 10m [m/s]
1/1/2013,00:01,0,22.37,77.72,2.499
1/1/2013,02:01,0,21.6,77.54,2.723
1/1/2013,03:01,0,21.8,79.81,3.049
1/1/2013,04:01,0,21.42,77.86,1.679
1/1/2013,05:01,0,21.25,78.61,1.439
1/1/2013,06:01,0,20.87,77.86,1.534
1/1/2013,07:01,0.480912,20.83,77.84,2.252
...
```

### 1.4 Format de conversion MEF

Chaque fichier doit être traité avec un fichier de format MEF spécifique. La base du fichier MEF peut être créée dans PVsyst.

Conversion de fichiers météo (sous-)horaires personnalisés

Source des données

Fichier source: C:\Users\LAF\AppData\Local\Microsoft\Windows\Burn\Burn\20130101.txt

Situation

Pays: États-unis

Site: Mahaiula

Fichier interne à créer

Site: Mahaiula

Source: Custom file

Type de données: Imported

Nom de fichier interne (\*.MET): Mahaiula\_Custom\_Imported.MET

Conversion

Protocole de conversion (\*.MEF): Nouveau Format de conversion pour fichiers météo personnalisés

Information

Veillez choisir ou construire le fichier de format de conversion.

Étant donné que les données divisées par horodatage minute sont chacune sur des intervalles horaires, le paramètre « Pas de temps » devrait être 60.

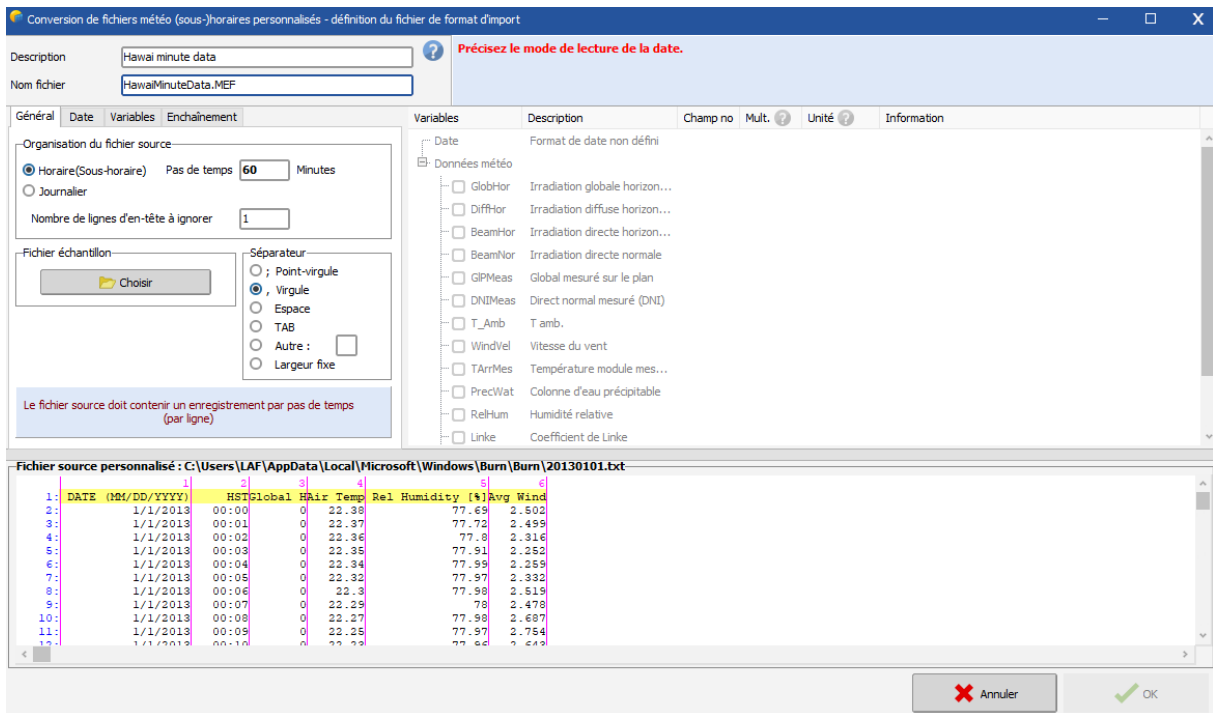


Figure 4 : Définition du format de fichier personnalisé, choix du pas de temps

Le format de date sera le même pour tous les fichiers. Choisissez l'option « Dates lues dans le fichier ».

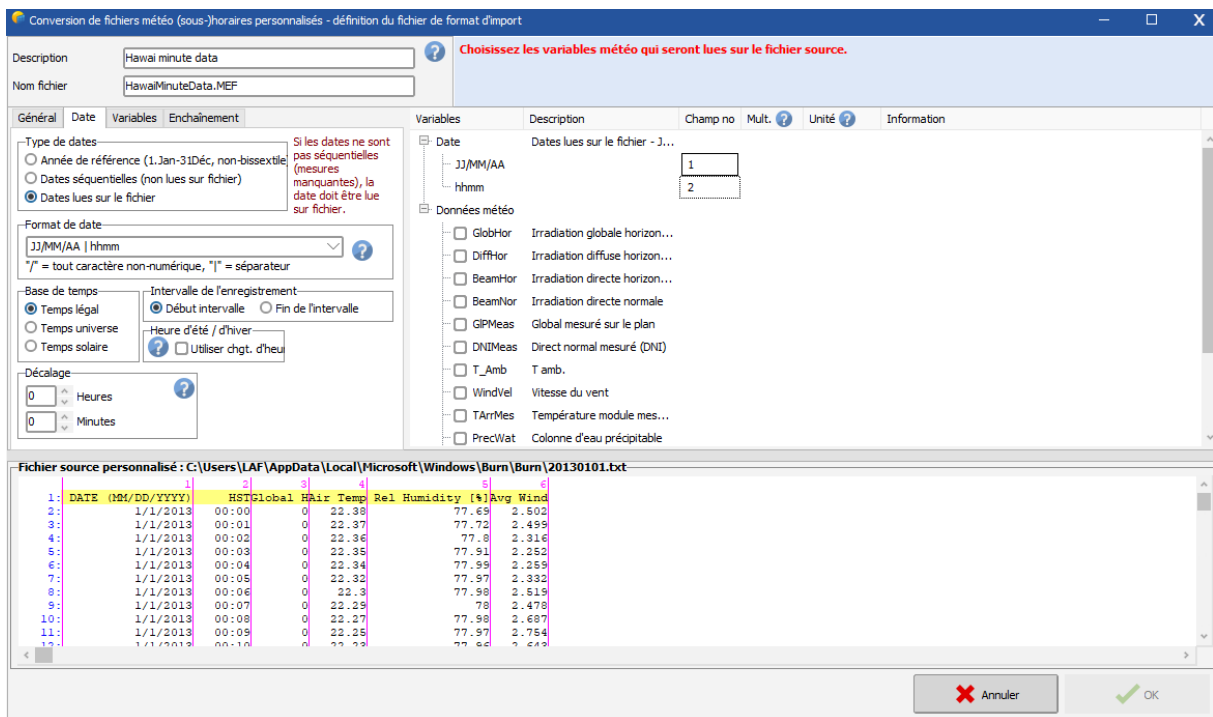


Figure 5 : Définition du format de fichier personnalisé, format de date

Une fois les variables choisies, le fichier MEF de base peut être enregistré.

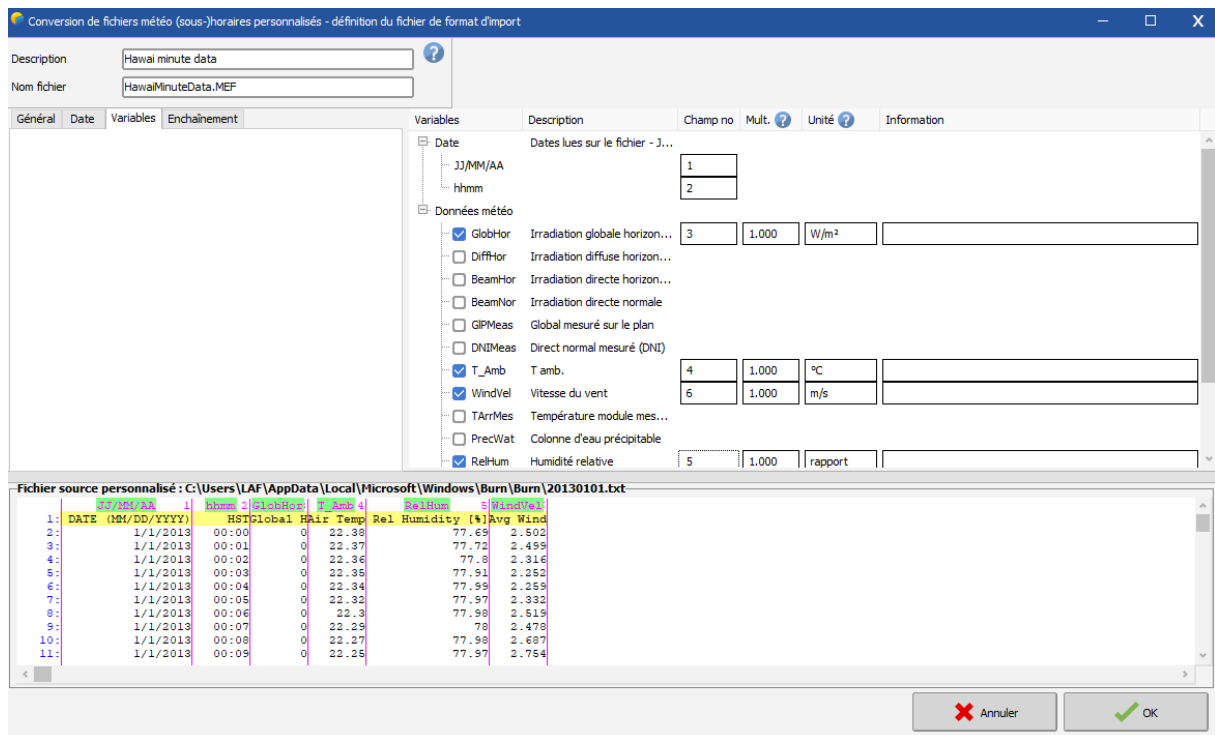


Figure 6 : Définition du format de fichier personnalisé, définition des variables



## 1.5 Décalage temporel

Sur la base d'un fichier MEF, on peut soit apporter des modifications pour les autres directement dans PVsyst, soit en modifiant le contenu des fichiers.

Le décalage temporel garantit que la position du soleil sera correctement définie lors de l'importation et de la simulation. Avec un décalage temporel de zéro, PVsyst déplacera la position du soleil de 30 minutes après l'horodatage (dans le cas où l'horodatage est au début de l'intervalle d'enregistrement), afin qu'il soit au milieu de l'intervalle d'enregistrement.

Étant donné que le milieu de l'intervalle d'enregistrement dans les simulations sous-horaires ne se situe pas à la marque des 30 minutes, le décalage temporel doit être ajusté. Le décalage temporel doit être choisi comme la différence entre la marque des 30 minutes et le milieu de l'intervalle pour le fichier donné. Arrondir à la minute près, en plus ou en moins, est d'une conséquence négligeable.

Exemple : pour des données avec un intervalle de 15 minutes, le décalage temporel est indiqué dans le tableau suivant. Le milieu des intervalles de temps se situe à 15/2 minutes après l'horodatage. Le décalage temporel nécessaire est le milieu de l'intervalle moins 30 minutes.

Horodatage minute	Milieu de l'intervalle de temps	Décalage temporel en minutes
0	7.5	-22
15	22.5	-7
30	37.5	8
45	52.5	23

*Table 1 Time shift choices example*

Exemple : ajuster le décalage temporel pour l'horodatage à :01, c'est-à-dire à -29 minutes.

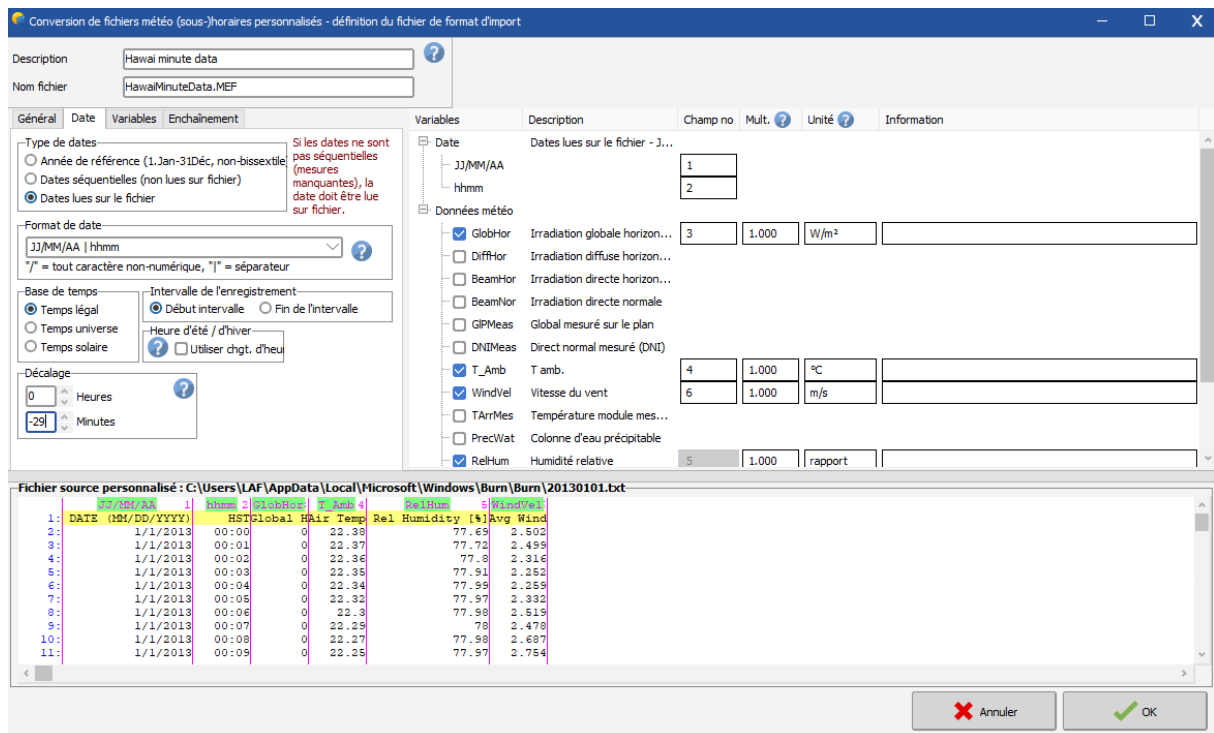


Figure 7 : Définition du format de fichier personnalisé, modification du décalage temporal

Ce paramètre peut également être modifié directement dans le fichier MEF, à l'aide d'un éditeur de texte. Le tag à modifier ou à ajouter est « TimeShiftF ». Cela peut changer ou non dans les futures versions de PVsyst. En cas de doute, modifiez toujours directement via PVsyst comme indiqué ci-dessus.

```

1  PVOBJECT_=pvMeteoFormat
2  Comment=Hawaii minute data TS01S
3  Version=7.4.5
4  Flags=$00E1
5  DateMode=ReadOnFile
6  DateFmtType=MMxDDxYY_hhmm
7  FileType=SingleFile
8  Separ=$002C
9  NligDeb=1
10 MeasureStep=60
11 TimeShiftF=-29
12 TypeInterv=1

```

Figure 8 Changing the time shift in the raw format file

## 1.6 Création des fichiers MET

Une fois les fichiers MEF prêts, il est facile d'utiliser la fonctionnalité d'importation de fichiers personnalisés dans PVsyst pour créer un fichier MET pour chaque horodatage minute.

Assurez-vous que le nom est approprié et différent pour chaque importation (par exemple, qu'il reflète l'horodatage) en cliquant sur « Modifier le nom du fichier ». Une fois prêt pour l'importation, cliquez sur « Conversion ».

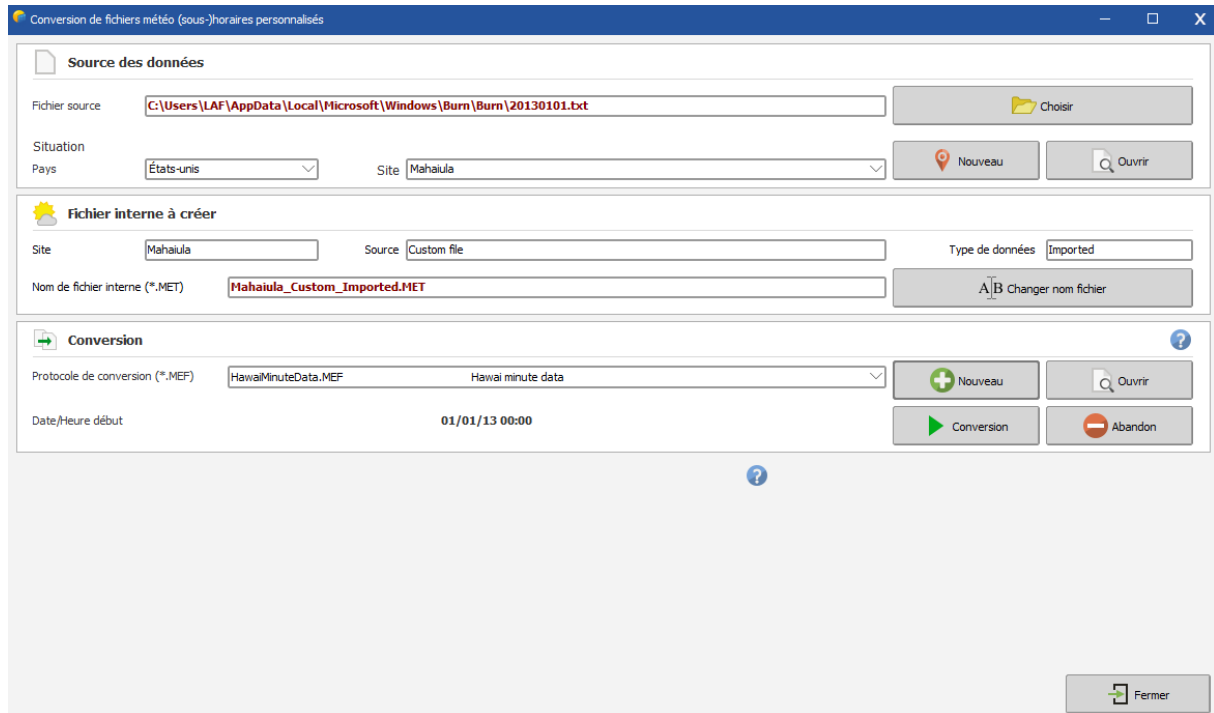


Figure 9 : Importation de fichier personnalisé, prêt pour la conversion

## 1.7 Simulation batch

Les simulations pour chaque horodatage minute peuvent être exécutées en mode batch :

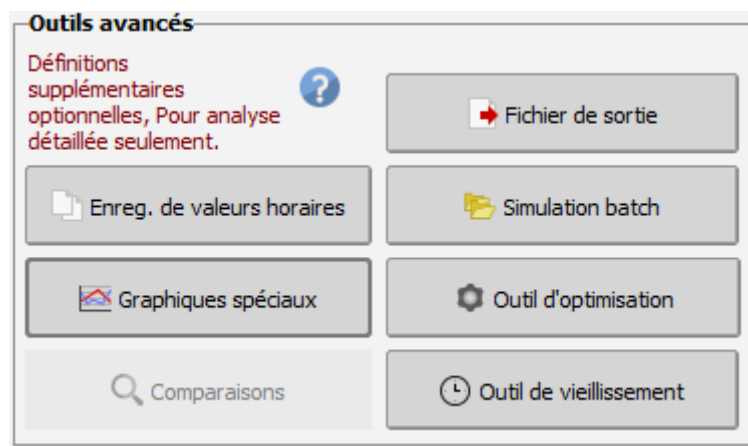


Figure 10 : Choix de la simulation Batch parmi les outils avancés

Deux paramètres sont essentiels :

- « Spécifier différents fichiers météorologiques »
- « Créer des fichiers horaires »

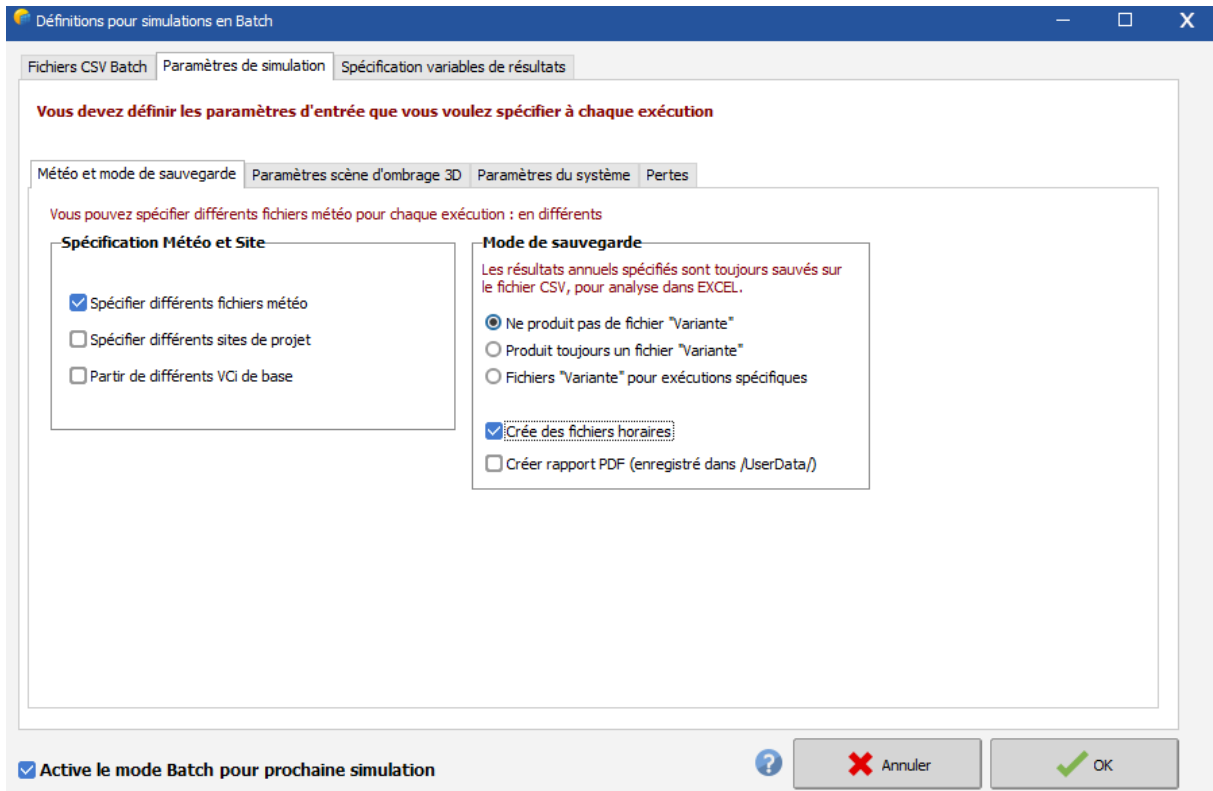


Figure 11 : Définition du batch, sélection de plusieurs fichiers météo et création de résultats horaires

Vous devez également vous assurer que le format du fichier de sortie est correctement défini avant de lancer la simulation, et que la case « Activer le fichier de sortie » est cochée.

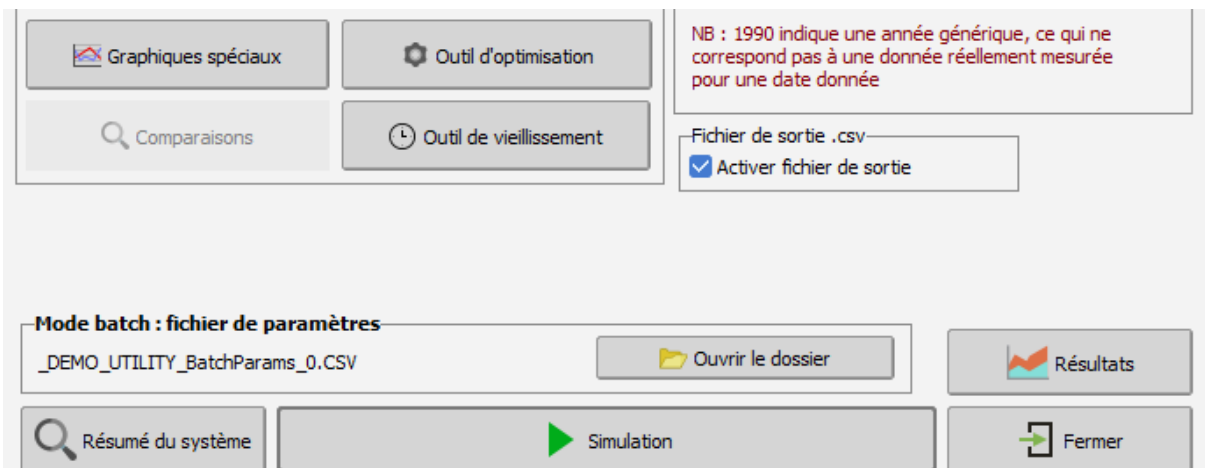


Figure 12 : Vérifier l'option du fichier de sortie avant d'exécuter la simulation Batch

Le contenu du fichier de paramètres du batch doit contenir les fichiers MET à utiliser.  
Exemple : fichier batch pour exécuter des simulations au niveau minute.

```
PVsyst simulations Batch mode;;;
Simulation parameters definition;;;
File created on 11/03/24 13:06;;;
;;;
Project;;;_DEMO_COMMERCIAL.PRJ
Variants based on;;VC1;_DEMO_COMMERCIAL_MARSEILLE_With self consumption_Without
storage
;;;
Please define the parameters to be varied for each run;;;
Do not modify the column titles!;;;
"Only the lines beginning by ""SIM_"" will be executed";;;
;;;
Ident;Meteo data;Create hourly;Simul
;*.MET file;file;Comment
;;File name;
;;;
SIM_1;Haw_TS0.MET;Haw_TS0.CSV;minute stamp 0
SIM_2;Haw_TS1.MET;Haw_TS1.CSV;minute stamp 1
SIM_3;Haw_TS2.MET;Haw_TS2.CSV;minute stamp 2
SIM_4;Haw_TS3.MET;Haw_TS3.CSV;minute stamp 3
SIM_5;Haw_TS4.MET;Haw_TS4.CSV;minute stamp 4
SIM_6;Haw_TS5.MET;Haw_TS5.CSV;minute stamp 5
SIM_7;Haw_TS6.MET;Haw_TS6.CSV;minute stamp 6
SIM_8;Haw_TS7.MET;Haw_TS7.CSV;minute stamp 7
...
```

## 1.8 Rassembler les résultats

L'exécution par lot produira une collection de fichiers CSV de sortie, un pour chaque horodatage minute. Étant donné que chaque ligne de ces fichiers représente un horodatage unique, il est possible de regrouper à nouveau les données.

## 2 Considérations avancées

Les principaux processus dans la simulation sont bien modélisés comme des processus instantanés, c'est-à-dire qu'ils ne dépendent pas des étapes de temps précédentes. C'est pourquoi il est possible de diviser la simulation en horodatages minute indépendants et d'obtenir des résultats raisonnablement précis.

Cependant, pour certains processus secondaires, la modélisation instantanée n'est pas une approximation aussi précise. Par conséquent, passer à un modèle qui dépend des étapes de temps précédentes peut améliorer encore davantage la précision.

### 2.1 Modélisation de la température du champ PV

En raison de l'inertie thermique des modules photovoltaïques et des structures, de l'ordre de quelques minutes, une modélisation détaillée de la température du champ photovoltaïque à l'échelle sous horaire nécessite une dépendance à l'état précédent du système.

PVsyst permet d'utiliser la température du champ photovoltaïque comme variable d'entrée de la simulation. Une façon de prendre en compte l'inertie thermique est d'exécuter la simulation pseudo-sous-horaire deux fois.

La première fois, vous devez utiliser le modèle instantané par défaut pour la température du champ photovoltaïque. En rassemblant les résultats, vous pouvez analyser les valeurs de température obtenues à partir du modèle instantané. Il est ensuite possible d'établir une évolution plus précise de la température du champ en utilisant un lissage exponentiel des valeurs, comme le modèle de Prilliman.

([10.1109/JPHOTOV.2020.2992351](#)).

En incluant les nouvelles données de température du champ avec les données météorologiques brutes, vous pouvez désormais utiliser « TArrMes » parmi les variables du fichier MEF.

Variables	Description	Field no	Mult. ?	Unit ?	Information
hmm		2			
Meteo data					
<input checked="" type="checkbox"/> GlobHor	Global horizontal irradiation	3	1.000	W/m <sup>2</sup>	
<input type="checkbox"/> DiffHor	Horizontal diffuse irradiation				
<input type="checkbox"/> BeamHor	Horizontal beam irradiation				
<input type="checkbox"/> DNIMeas	Measured beam normal (D...				
<input type="checkbox"/> GLPMeas	Measured global on plane				
<input checked="" type="checkbox"/> T Amb	T amb.	4	1.000	°C	
<input checked="" type="checkbox"/> TArrMes	Measured module temper...	8	1.000	°C	
<input checked="" type="checkbox"/> WindVel	Wind velocity			m/s	

Figure 13 : Ajouter la température mesurée du module en tant que variable dans la définition du format de fichier personnalisé

Dans les variantes à simuler, Détails des pertes > Paramètre thermique, vous pouvez alors sélectionner l'option d'utiliser ces données de température du champ photovoltaïque.

Paramètres pour les pertes du champ PV

Les paramètres thermiques sont définis pour l'ensemble du système

Paramètres thermiques | Pertes ohmiques | Qualité des modules - LID - Mismatch | Perte d'encrassement | Pertes IAM | Auxiliaires

Vous pouvez définir soit le facteur de pertes thermiques, soit le coefficient NOCT : le programme vous donnera l'équivalence !

**Fact. de pertes thermiques du champ**

Fact. de pertes thermiques  $U = U_c + U_v * Vit.vent$

Fact. de pertes constant  $U_c$  29.0 W/m<sup>2</sup>K

Fact. selon vitesse du vent  $U_v$  0.0 W/m<sup>2</sup>K m/s

**Facteur NOCT équivalent**

NOCT (Nominal Operating Cell temperature) est souvent spécifié par les fabricants pour le module lui-même. C'est une définition alternative pour le facteur  $U$ , qui n'a pas beaucoup de sens lorsqu'il est appliqué au champ en fonctionnement.

N'utilisez pas l'approche NOCT. Elle amène beaucoup de confusion avec les champs !

Utilise la température champ mesurée

Ⓞ Voir le NOCT quand même

Résumé du système | Graph. pertes | Annuler | OK

Figure 14 : Utilisation de la température mesurée du module dans la simulation

## 2.2 Transposition de l'irradiance

Comme décrit dans (<https://userarea.eupvsec.org/proceedings/EU-PVSEC-2023/4DV.4.43/>), les modèles de transposition, et en particulier les coefficients de transposition typiques de Perez, sont adaptés à la transposition des valeurs horaires, mais génèrent un léger biais lorsqu'ils sont utilisés sur des données sous-horaires.

Afin de contourner partiellement ce problème, il est possible d'utiliser directement les valeurs POA comme entrée pour la simulation. Notez toutefois que la séparation entre les composantes diffuse et directe peut encore être affectée par les biais dans les modèles de Perez ou de Hay, parmi d'autres modèles utilisés.