



# Logiciel PVsyst pour l'étude de systèmes photovoltaïques

André Mermoud  
[andre.mermoud@pvsyst.com](mailto:andre.mermoud@pvsyst.com)



# Sommaire

- Historique
- Applications
- Simulation de la production
- Bases de données
- Outils pédagogiques
- Utilisation et prestations

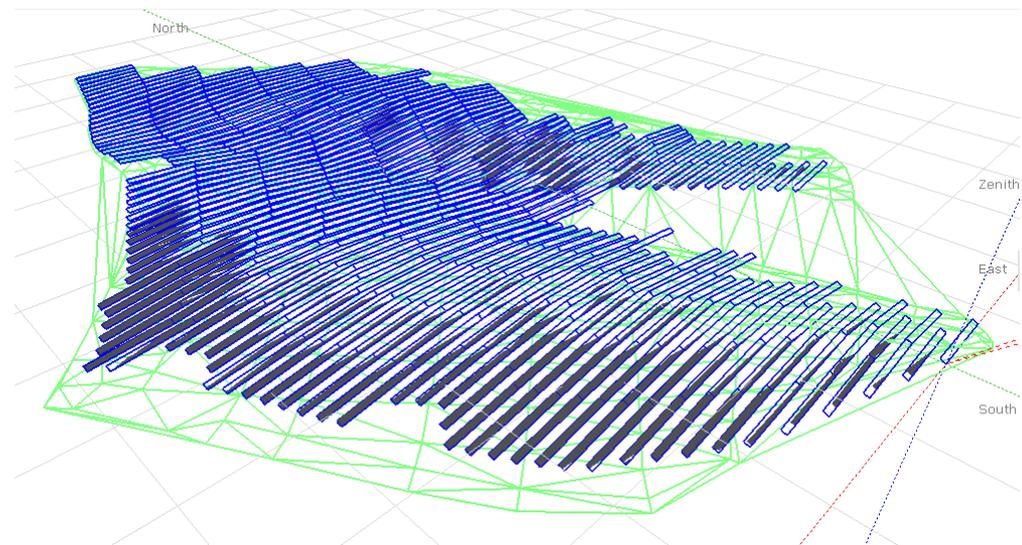
# Historique du développement PVsyst

- 1989: CUEPE: Mesure détaillée de 3 systèmes PV couplés au réseau
- 1991: Début du projet de Logiciel PVsyst (financement OFEN)
- 1999: Collaboration avec l'EPFL: réécriture interface, langage plus moderne
- 2004: Projet de recherche, modélisation des capteurs
- 2006: Projet de recherche, pompage solaire
- 2007 – 2012 : Explosion de la demande
- 2011: Création de la société PVsyst SA
- 2017: Entreprise de 10 personnes, 6 pour le développement du logiciel  
Activités pour la formation, projets en Afrique

# Applications couplées au réseau

## Système couplé au réseau (avec calculs d'ombrages) :

- Petits systèmes (toitures) Typ. 1 - 6 kWc
- Systèmes intégrés aux bâtiment Typ. 10 – 1000 kWc
- Grandes centrales au sol Typ. 1 MWc – 300 MWc
- Systèmes suiveurs (1 axe ou 2 axes)



NB: PVSyst ne traite pas les systèmes hybrides (réseau + stockage) pour l'instant

# Applications autonomes

## Systèmes autonomes avec batteries :

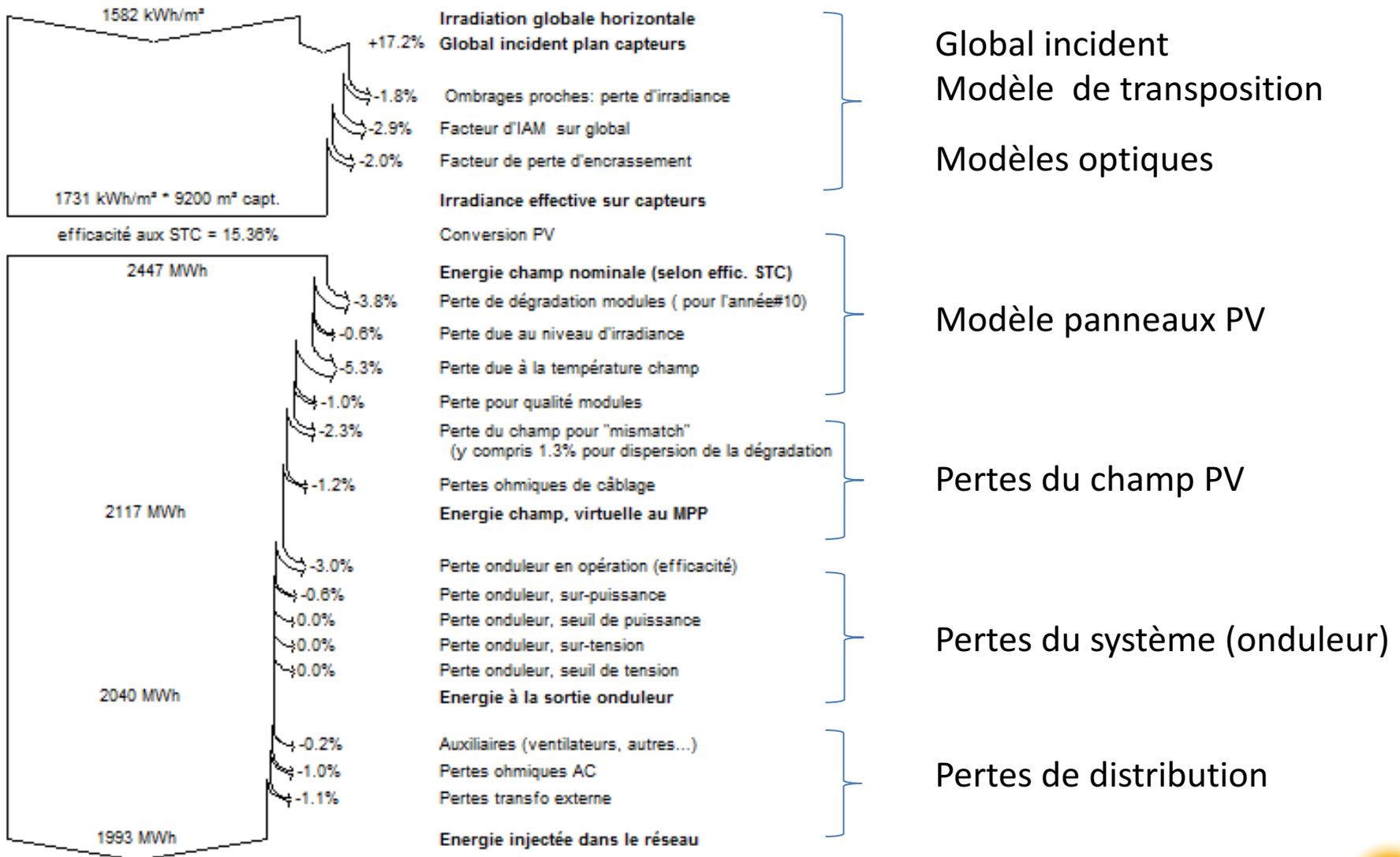
- Très petits ou petits systèmes domestiques (SHS, lampadaires)
- Hôpitaux, écoles, administrations en PVD
- Petite industrie et artisanat en PVD
- Systèmes industriels (Télécoms, protection cathodique)



## Système de pompage solaire

- Pompes de village ou pour l'agriculture

# Simulation de la production

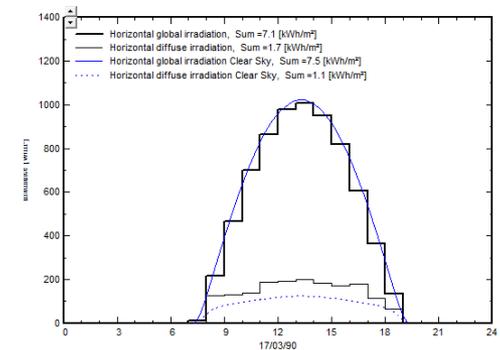
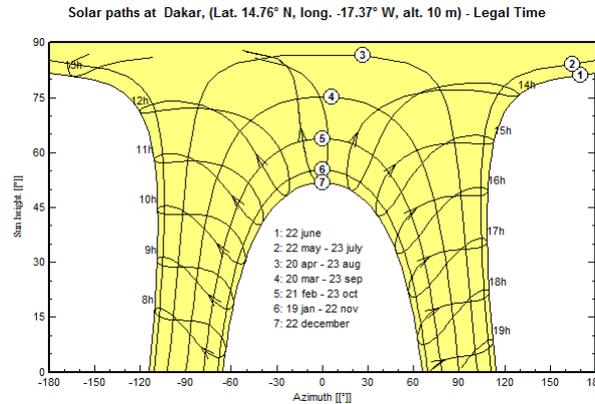
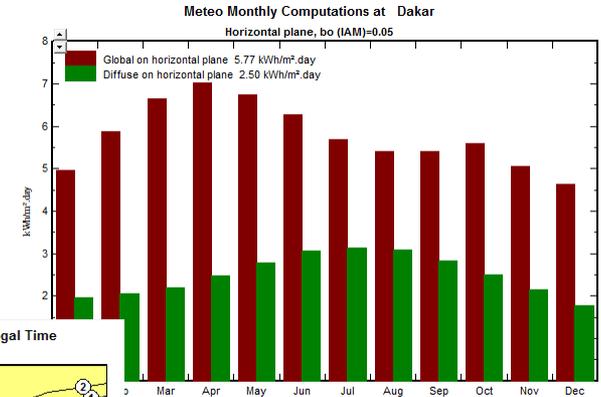


# Base de données Météo

Disponible en interne:

**Meteonorm 7.1** : pour n'importe quel point du globe

**NASA-SSE**: données par  $1^\circ \times 1^\circ$ , moins fiables.



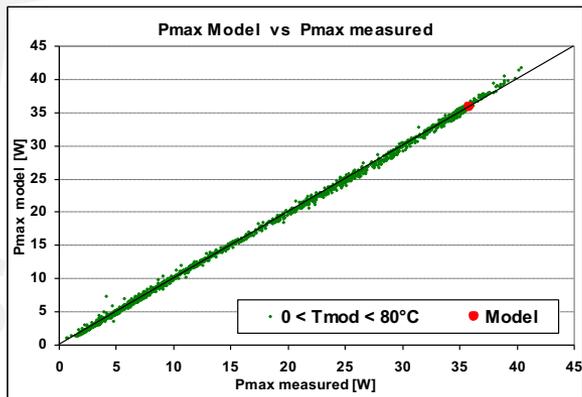
Outils pour l'Import de données externes:

- Plus de 15 sources de diverses provenances – données mesurées
- Gratuites ou payantes
- Grandes disparités entre les différentes sources (+/- 5 à 8 % annuelles)

**La donnée Météo est la plus grande source d'incertitude de la simulation !**

# Modules PV: modèle

**Objectif du modèle** : reproduire le comportement électrique du Module PV pour toutes les conditions d'irradiance et de température



Modèle utilisé dans PVsyst:

- modèle **standard** à une diode
- **modifié** selon projet de mesures au soleil (2004-2010)

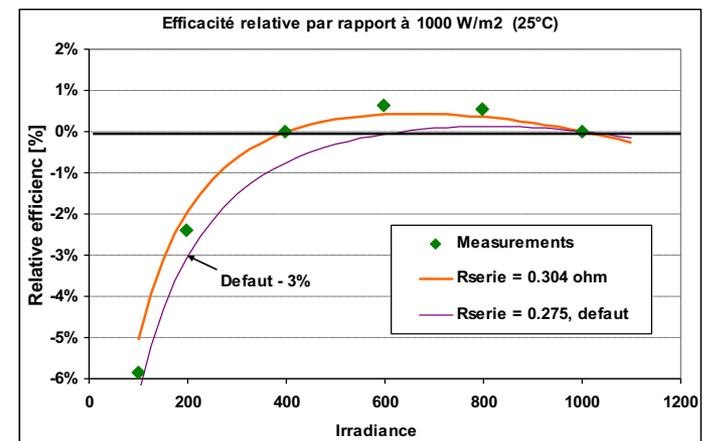
⇒ Précision: différences modèle-mesures de l'ordre de 1 à 2% pour toutes conditions et toutes technologies

**Problème**: pour établir les paramètres du modèle pour un module PV donné:

les spécifications «standard» du fabricant ne suffisent pas: il faut faire des hypothèses sur certains paramètres

**Rshunt** : valeur défaut selon la technologie

**Rserie** : déterminé par l'efficacité à basse irradiance



# Modules PV: base de données

La base de données de Pvsyst contient **13'500 modules du marché**

- Alimentée par les demandes des fabricants
- Publiée avec chaque version du logiciel
- Les données de base correspondent aux spécifications des modules

3 types de paramètres additionnels affectent les résultats de la simulation

- Rserie**: normalement fixée selon l'efficacité relative (default -3% à 200 W/m<sup>2</sup>)
- Rshunt**: peu d'impact, corrélée à Rserie
- IAM**: fonction d'incidence: valeur par défaut de Pvsyst ou fonction personnalisée

Les fabricants tentent de booster les performances en agissant sur ces paramètres :

⇒Pour toute modification, nous demandons un rapport des mesures complémentaires (norme IEC 61853) effectuées par un **laboratoire indépendant**.

⇒Certains laboratoires font leur publicité sur les «PAN files» de Pvsyst !

## Responsabilité "subie" de Pvsyst sur le marché:

Les utilisateurs utilisent Pvsyst pour comparer les modules:

**Déconseillé (prudence!!!)** du fait de la disparité des méthodologies  
(paramètres par défaut ou pas) !

# Base de données – autres composants

## **Onduleurs:** 3'800 modèles

- Alimentée par les fabricants
- Impact plus faible sur les performances (efficacité, limitation de puissance, déphasage)
- Mise en place d'un label de certification

Pour les autres types de systèmes:

BD alimentée par PVsyst, car les modèles (paramètres) sont plus complexes à définir

**Batteries** (au plomb, prochainement au Lithium): environ 300 modèles

**Régulateurs** pour les systèmes autonomes et le pompage

**Convertisseurs Champ PV => Batterie**

**Pompes** modèle complexe, nombreux modes de définition

**A venir** pour systèmes réseau avec stockage:

- Onduleurs pour systèmes isolés (batterie => circuit AC autonome)
- Onduleurs – Redresseurs (réversibles)
- Appareils «tout-en un»
- Appareils et stratégies de régulations spécifiques

# Outils pédagogiques et innovations

PVsys offre de nombreux outils pédagogiques et pratiques :

- **Géométrie solaire**: outil de calculs et tables/graphiques
- **Données Météo**: outils d'analyse de la qualité des données importées
- **Conception de systèmes**: assistance de décision et dimensionnement
- **Plans suiveurs**: de différents types, visualisation, backtracking
- **Ombrages**: éditeur 3D selon les standards de programmes graphiques
- **Ombrages électriques**: graphiques de combinaison des courbes I/V
- **Mismatch** entre modules, entre strings
- **Systèmes autonomes et pompage**: nombreuses courbes de fonctionnement
- **Comparaison des données mesurées** avec les mesures
- **Batch mode** pour analyses paramétriques
- **Analyse CO2** détaillée selon matériq, provenances, etc.

Suivi des innovations ou nouveaux développements :

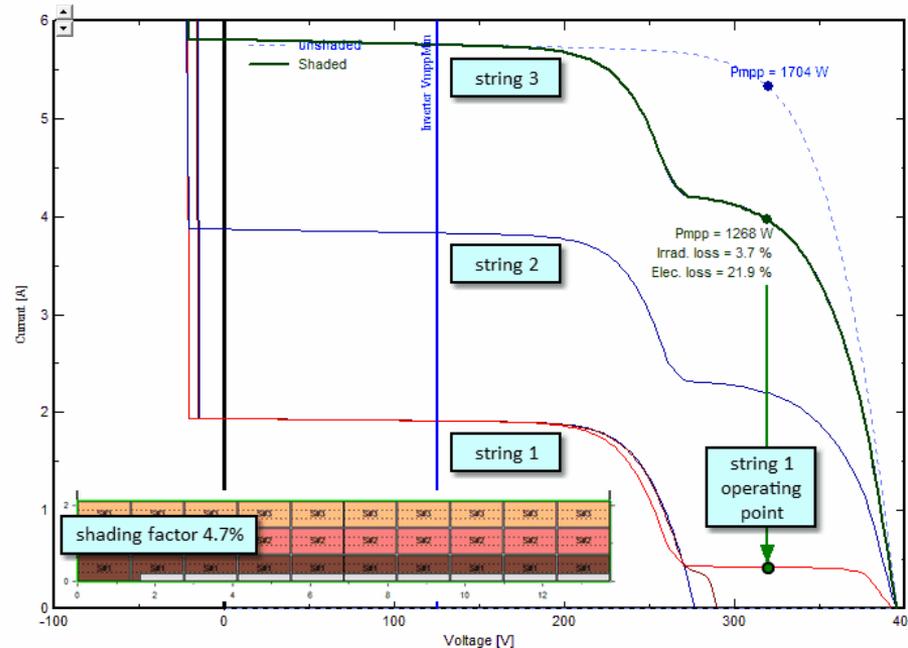
- **Optimiseurs**: traitement complet pour chaque modèle
- **Systèmes bi-faciaux**: outil d'étude et de simulation
- **Vieillesse** des modules et du système

# Ex. d'outil pédagogique: ombrages électriques

Lorsqu'une cellule est ombrée toute la chaîne de modules est affectée.

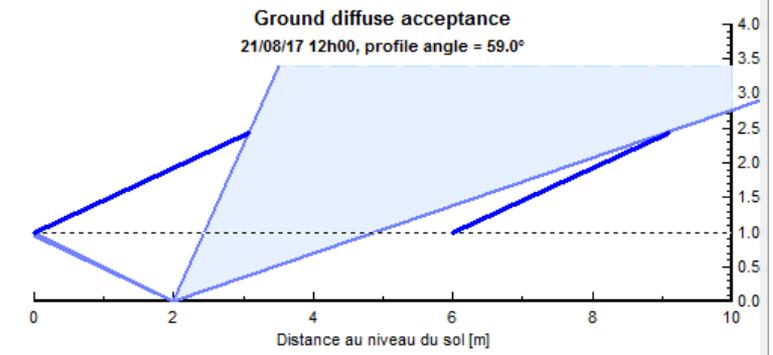
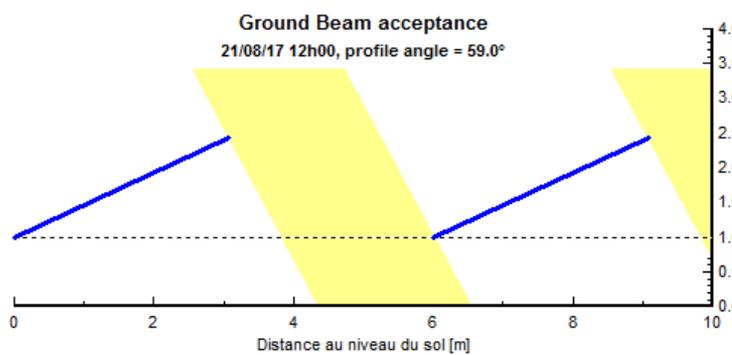
Idée largement répandue: dans un système en sheds, lorsque le sous-module du bas est ombré les diodes by-pass permettent de ne perdre qu'1/3 de production.

L'analyse graphique des courbes courant-tension dans le champ PV montrent que ce n'est pas le cas: la production de la chaîne complète est perdue:

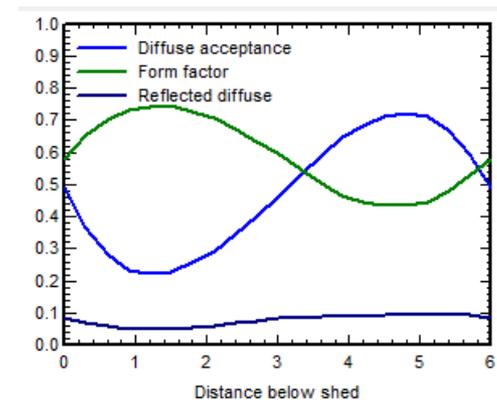
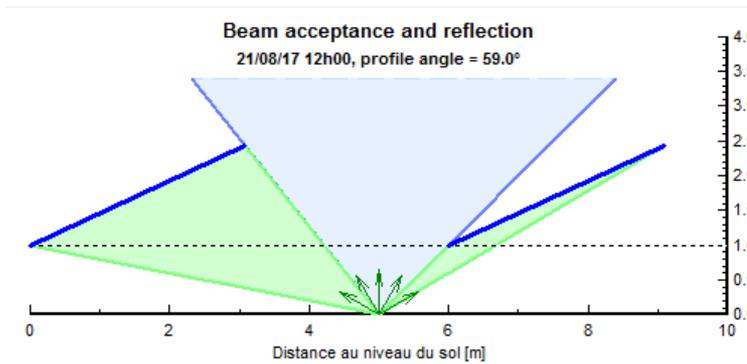


# Outils pour l'innovation: ex. Bi-facial

1. - Evaluer l'irradiance disponible au sol (direct et diffus)



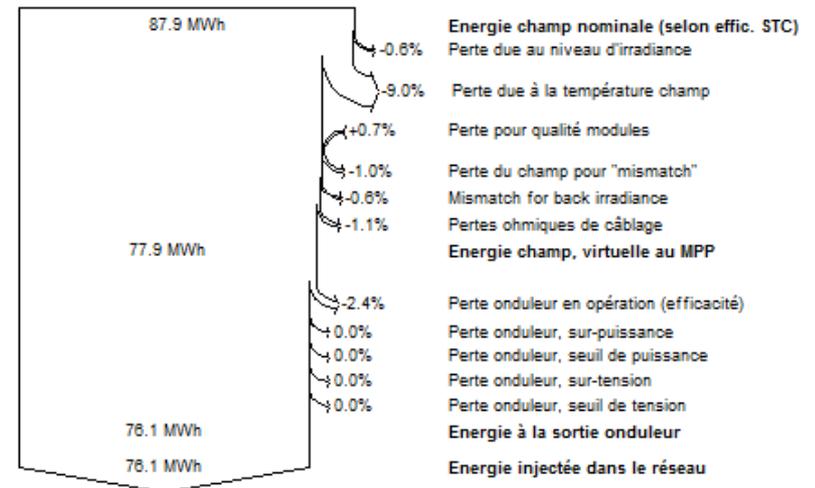
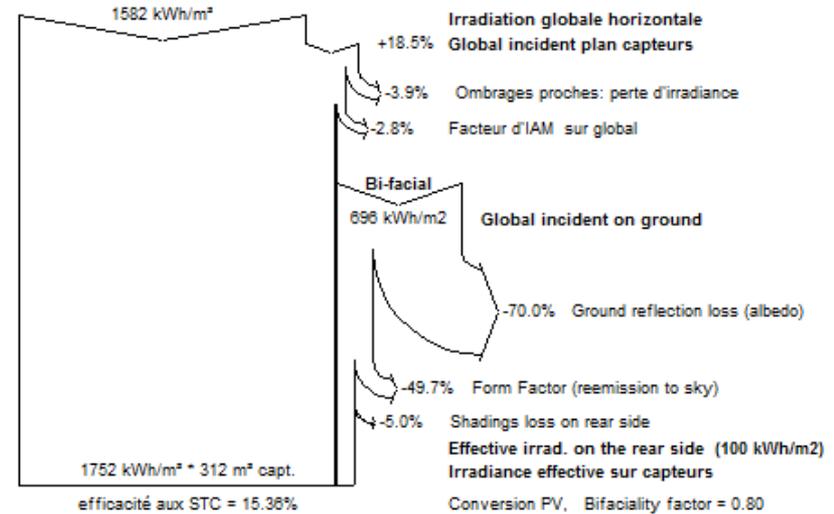
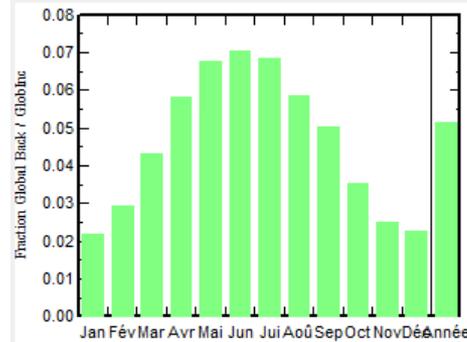
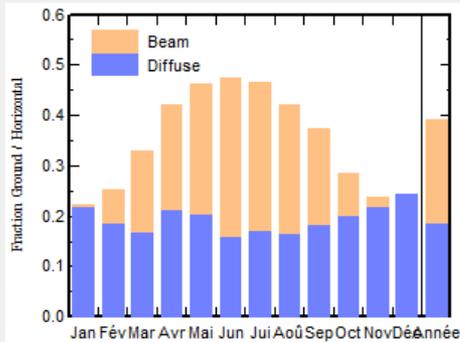
2. - Evaluer l'irradiance réémise vers les capteurs pour chaque point du sol (albedo 30%)



Fraction de diffus sur face arrière: moins de 10%

# Bi-facial system

Fraction d'irrad. au sol : Fraction sur face arrière



La simulation doit tenir compte de

- Coefficient d'albedo
- Ombrages mécaniques sur face arrière
- Facteur de bifacialité du module
- Pertes de mismatch irradiance arrière

Gain global de cette configuration 4.5%

Surcoûts des modules, structures ?

# Objectifs - Utilisation

## Pour les ingénieurs (EPC):

- Etude et optimisation d'un système PV – Rapport complet
- *Soit pour un appel d'offre*
- *Soit pour l'étude de la réalisation du système*

## Pour les financeurs (banques):

- Analyse des propositions d'ingénieurs / fournisseurs
- **Maintenance:** analyse du comportement réel des installations

## Pour les chercheurs et enseignants

- Outils pédagogiques (visuels et interactifs)  
*Analyse et compréhension de comportements spécifiques*
- Outils pour l'étude de systèmes particuliers ou innovants
- Etudes paramétriques

## Pour les fabricants de matériels

- Conseil aux clients
- Présentation des produits dans la base de données
- Analyse des performances réelles de matériels et d'innovations

## Pays en voie de développement

- Formation aux techniques PV
- Optimisation – faisabilité de systèmes autonomes
- Evaluation de systèmes de pompage

# Prestations de PVsyst

Logiciel en **constante évolution** avec des améliorations progressives  
publication toutes les 6 semaines

## Contacts avec les utilisateurs :

**Hot-line:** nombreux échanges avec les utilisateurs,  
sur la manipulation du logiciel, les méthodes, la modélisation, les bugs,  
demandes de développements / modifications

**Forum, avec FAQ** largement développée  
sur toutes questions techniques et scientifiques

**Aide en ligne** contextuelle dans tout le logiciel

**Tutorials:** plusieurs vidéos en préparation

**Formations:** permettent d'identifier les faiblesses et besoins du logiciel

**Fabricants:** Modélisation des composants, Bases de données

## Contacts avec organismes :

**PVPMC** PV Performance Modeling Collaborative  
Conférences sur la modélisation (Sandia Laboratories, NREL, TÜV, etc.)

**EPVSEC** Conférences Européennes

Organismes de Certification

# Conclusions

- PVsyst est devenu un outil important pour l'Industrie Photovoltaïque
- Traite les systèmes PV dans toute leur complexité
- Mise à jour constante: tente de suivre l'évolution de la technologie
- Reconnu pour sa précision, utilisé pour sa «bankability»
- Base de données "surveillée" (Modules PV et onduleurs), accès aux bases Météo
- Dispense des services annexes (information utilisateurs, formation, etc.)