

Rapport final PV P+D, DIS 100139 / 150172, Janvier 2005

Campagne de mesures de l'installation autonome de 3,0 kWp à Soyhières (JU)

élaboré par

Pascal Affolter / Bernard Bezençon
Solstis / SGI
Sébeillon 9b, 1004 Lausanne



RESUME

L'installation autonome PV de la famille Blattner à Sohyières (JU) est l'une des plus importante de Suisse. C'est un système hybride qui utilise des tuiles solaires (SunslatesTM) pour la production PV, connecté en appoint à un générateur Diesel. Le système PV de 3,0 kWp est totalement intégré dans la toiture de l'annexe de la ferme. Monsieur Blattner produit dans cette ferme du vin biologique.

L'installation fonctionne depuis 1999 sans interruption. La campagne de mesures commencée en juillet 2003 pour finir en octobre 2004, sur une période de 15 mois, a été réalisée pour vérifier le comportement du système. Elle avait pour objectif principal :

- *d'optimiser la gestion du système, plus particulièrement l'utilisation du générateur Diesel, du jeu de batteries et des autres appareils ;*
- *de mesurer précisément les résultats et les rendements du système PV SunslatesTM, avec et sans maximiser ;*
- *de préciser les limites techniques et éventuellement non techniques de ce genre d'application pour les installations autonomes ;*
- *et enfin de connaître le degré de satisfaction de la famille Blattner après 5 ans d'utilisation de l'installation.*

Les résultats analytiques de la présente étude sont les suivants :

- *le système PV fonctionne bien depuis sa date d'installation et il est correctement dimensionné ;*
- *le taux de couverture solaire qui mesure la part de production solaire par rapport à la production totale du système est de l'ordre de 76 %, ce qui permet de minimiser les pertes de surproduction solaire ;*
- *les pertes du système proviennent principalement des contraintes de cyclage des accumulateurs (charges et décharges partielles journalières du jeu de batteries qui provoquent son échauffement) et de la durée de vie des batteries (déjà entamée à 50-70%) qui diminuent les performances ;*
- *le dispositif de poursuite du point de puissance maximale (MPP tracker) installé sur l'un des champs PV n'apporte aucun gain significatif pour le rendement du système.*

Monsieur Blattner nous a également fait part de sa pleine satisfaction. L'installation convient à l'entier de ses besoins domestiques et professionnels. Le générateur Diesel est principalement utilisé en automne pour faire fonctionner la presse à vin, ainsi qu'en hiver pour compenser le plus faible rendement de la toiture PV.

Pour optimiser l'installation et au vu de ce qui précède, notre unique proposition d'amélioration de l'installation consiste à opter pour une solution différente de gestion du système d'appoint « Diesel », afin de passer auto-matiquement d'une production PV à une production Diesel (et vice versa) en fonction des besoins et des moyens de production électrique, pour limiter au maximum les manipulations faites actuellement par Monsieur Blattner.

ABSTRACT

The PV roof integration of the family Blattner in Soyhieres (JU) is one of the most important PV stand alone installations in Switzerland. This is a hybrid system using solar slates (Sunslates™) for the PV production, connected to a Diesel generator. The 3.0 kWp PV system is completely integrated in the roof annex of the farm. Mr. Blattner produces in this farm biological wine.

The system is operating since 1999 without interruption. The measurement campaign which started in July 2003 to end in October 2004, over a period of 15 months, has been made to control the behaviour of the system. It had the following main goals:

- *to optimise the system management, and more specifically the use of the Diesel engine, the set of batteries and other appliances ;*
- *to measure accurately the PV Sunslates™ system results and efficiency, with and without maximizer ;*
- *to precise technical and non technical limits for this kind application for stand-alone installation ;*
- *and finally to know the satisfactory degree of Blattner family after 5 years of use of the system.*

The analytic results of the present study are the following:

- *the PV system operates well since its setting up and it is correctly designed ;*
- *the solar covering ratio which measures the share of solar production in comparison with the total production of the system is around 76%, which enable to minimise the losses of solar overproduction ;*
- *the losses of the system proceed of the constraint of the battery cycling (daily partial charges and discharges of storage set that causes its heating) and of the life duration of the storage set, 50-70% already used, which decreases the performances ;*
- *the device to pursue the point of maximal power (MPP tracker) installed with one of the solar field do not bring any meaningful gain for the efficiency of the system.*

Mr. Blattner has also informed us of its full satisfaction. The installation is in accordance with its whole household and professional needs. The Diesel generator set is mainly used in autumn to run the press for the wine, as well in winter to compensate the weaker performance of the PV roof.

To optimise the installation and considering what we said before, our unique proposal to improve the system is to opt for a different solution to manage the support engine "Diesel" in order to switch automatically from a PV production to a Diesel production (and vice versa) in function of the needs and the electrical production means, to limit at most the manipulations made by Mr. Blattner.

TABLE DES MATIERES

1. Description de l'installation	page 5
A) Sommaire	
B) Paramètres de base	
C) Particularités	
D) Système photovoltaïque en bref	
2. Campagne de mesures	page 8
A) Description du système mobile de mesures	
B) Remise en état de l'installation de mesures	
C) Objectif de la campagne de mesures	
D) Dépouillement des mesures	
3. Résultat des mesures	page 11
A) Résultat des mesures sur l'année	
B) Exemples de mesures journalières	
4. Analyse des résultats	page 15
A) Explications des pertes du système	
B) Commentaires au sujet du MPP Tracker	
C) Commentaires au sujet de l'exploitation	
D) Satisfaction du client	
5. Publications	page 17
6. Conclusion	page 18

CAMPAGNE DE MESURES INSTALLATION AUTONOME HYBRIDE PV-DIESEL A SOYHIERES (JU)

1. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

A) Sommaire

Il s'agit d'une installation hybride (PV-Diesel) totalement autonome à Sohyières (Canton du Jura), distante d'environ 2 kilomètres du réseau électrique existant le plus proche. Le système autonome utilise pour la production d'énergie PV les ardoises solaires SunslatesTM intégrée dans la toiture d'une annexe (ancienne étable à chèvre) à la ferme. L'installation PV est couplée à un générateur Diesel. Le système PV (3.0 kW_p) couvre une partie du toit de l'annexe de la ferme de production de vin biologique de la Famille Blattner. Il a été dimensionné et installé en 1999 par les entreprises spécialisées Atlantis et Sole Engineering.

L'installation a servi d'exemple et d'expérience locale dans le cadre de la participation de la Suisse à la Tâche III de l'IEA PVPS.



Figure 1 - vue générale de la toiture SunslatesTM

B) Paramètres de base

L'installation doit fonctionner avec satisfaction tout au long de l'année. Elle doit être entièrement autonome pour assurer l'exploitation des activités professionnelles et domestiques de la famille Blattner. Le parc d'accumulateurs 48 V_{DC} de 500 Ah doit assurer approximativement 5 jours d'utilisation des besoins domestiques prioritaires (éclairage, médias, petits électro-ménagers, etc...) durant la période hivernale. Les caractéristiques principales du système sont les suivantes:

■ Inclinaison des modules	30°
■ Orientation des modules	sud
■ Valeur de l'ensoleillement	$1195 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$
■ Autonomie des batteries	5 jours

C) Particularités du projet

- La cohérence doit exister entre les systèmes d'énergie de l'habitation (construction en bois, récupération et stockage de calories depuis la serre du bâtiment, apport solaire passif direct, isolation de la toiture avec un revêtement végétal, eau chaude sanitaire solaire, éclairage en basse tension, etc...) et les activités professionnelles,
- L'installation du champ photovoltaïque doit être intégrée à la toiture de l'annexe de la ferme (ancienne étable à chèvre), de manière à être située directement au-dessus du local technique (régulation, onduleurs, accumulateurs, etc...),
- L'autonomie électrique du système PV doit assurer totalement les besoins domestiques (éclairage, médias, lavage, réfrigération, etc...) et partiellement les besoins professionnels de l'exploitation,
- Le système doit être simple pour faciliter l'utilisation et la maintenance, avec la mise en place de circuits parallèles pour les divers usages (12V_{DC}, 230V_{AC}, applications professionnelles et domestiques).

D) Système photovoltaïque en bref

Le système PV est conçu pour une installation autonome hybride (couplée à un générateur Diesel) comprenant un champ PV intégré à la couverture de la toiture (ardoise PV Sunslates™), et fournissant une tension utile de 48 V_{DC} au parc d'accumulateurs.

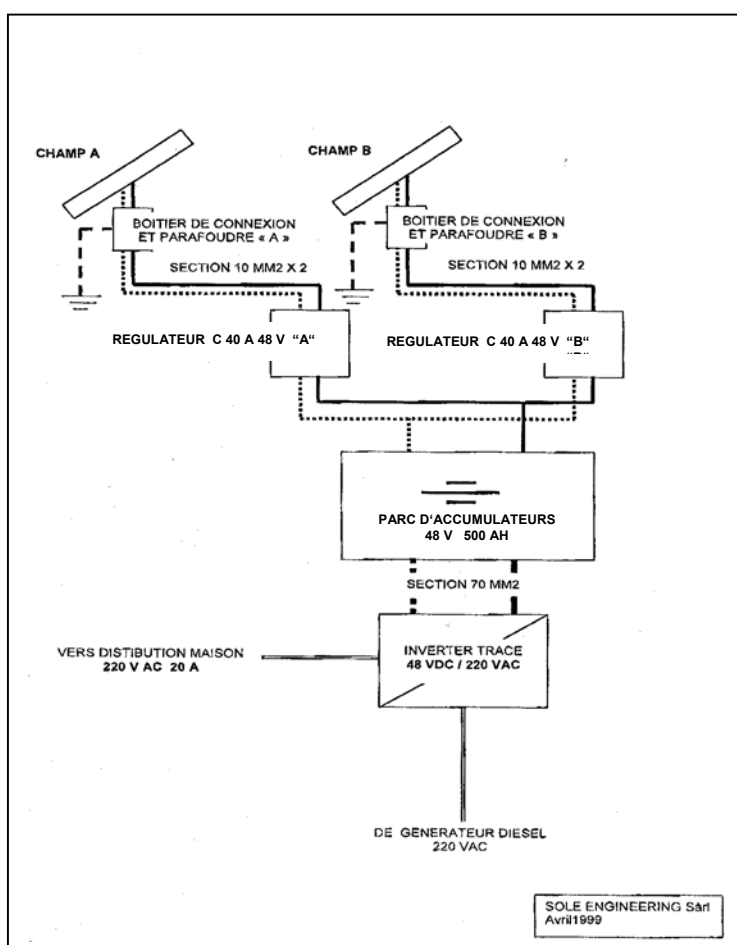


Figure 2 - schéma électrique de l'installation

La toiture est équipée de 12 strings de 24 Sunslates™. Les mesures du Tiso donnent comme résultat la puissance d'approximativement 240 Wp par string, soit pour l'ensemble de la toiture une puissance de 2,88 kWp. Si l'on admet les pertes dans les câbles et les connecteurs, la puissance nominale de l'installation est d'environ 3.0 kWp. Les strings sont répartis en 2 champs bien distincts :

- *Champ 1 : 6 strings de 24 Sunslates™*
- *Champ 2 : 6 strings de 24 Sunslates™*

Les 2 champs sont reliés en parallèle dans les boîtes de connexion. Dans la pièce technique qui se trouve au niveau du sol, 2 régulateurs (C40, Trace) alimentent le parc d'accumulateurs constitué de 24 batteries solaires (TVS 6, Hawker Oldham) de 2 V chacune reliées en série. L'onduleur/régulateur (SW4548E, Trace) remplit plusieurs fonctions :

- *Sortie 48V_{DC}*
- *Sortie 230V_{AC} pour l'installation électrique de la maison*
- *Régulateur de charge¹ 230 V_{AC}/48V_{DC}*
- *Affichage des paramètres de mise au point et de contrôle du système*

Un tableau électrique forme la séparation entre le système PV et l'installation de la maison.



Figure 3 - détail onduleur et tableau électrique

Cette installation permet d'utiliser la majorité des appareils domestiques avec un niveau élevé de sécurité. L'utilisation du circuit de 230 V_{AC} existant pour les appareils électroménagers comme l'aspirateur, le lave-linge ou les médias sera conservé et raccordé sur l'onduleur sinusoïdale de 4.5 kVA

L'alimentation des gros appareils professionnels triphasés à 400 V_{AC} (presse à vin, autres outillages professionnels actuels et futurs ...) est uniquement assurée par le groupe électrogène Diesel qui est couplé à l'installation PV.

Le circuit PV est protégé contre la foudre par une mise à terre et un fusible parafoudre.

¹ Les accumulateurs peuvent-être également chargés par le générateur Diesel

2. CAMPAGNE DE MESURES

A) Description du système mobile de mesures

La mesure de l'installation a été faite à l'aide d'un système mobile de mesure. Ce système de mesure est composé de 2 boîtes superposées et encastrées l'une dans l'autre. Par ce moyen le système complet peut facilement être installé et ensuite déplacé.

On trouve dans la caisse d'en haut tous les convertisseurs, les dataloggers avec leurs périphériques, ainsi qu'un ordinateur pour la mise en service et l'interruption de l'exploitation du système. Dans la boîte inférieure se trouve tout le petit matériel (senseur, câble, etc...). Les fonctions supplémentaires sont mesurées et évaluées individuellement en utilisant l'équipement existant.

B) Remise en état de l'installation de mesures

L'installation de mesure a été remise sur pieds durant le deuxième trimestre de l'année 2003 après plusieurs jours de travail acharnés. Voici les principales tâches réalisées dans ce but :

- repérage de l'installation et des grandeurs effectivement mesurées
- remise en route du datalogger (changement de l'accu et du chargeur)
- modification de la ligne téléphonique et reconfiguration du modem
- pose d'un compteur d'énergie pour la mesure de l'énergie produite par le groupe électrogène
- pose d'un MPP tracker sur un des deux groupes
- test de mesures

L'installation est désormais équipée de deux champs de 1,5 kW chargeant le même groupe d'accumulateurs. Un champ de 1,5 kW utilise un régulateur normal. L'autre champ de 1,5 kW est équipé d'un MPP tracker permettant de maximiser la puissance de charge. Les mesures permettront de comparer le fonctionnement des deux groupes séparément.



Figure 4 - Solstis a remplacé un des deux régulateurs (en haut) par un MPP tracker (en bas à gauche)



Figure 5 - le système de mesure a été réparé par Solstis et remis en route



Figure 6 - Le groupe électrogène a été équipé par Solstis d'un compteur d'énergie pour en connaître la production avec précision.

C) Objectif de la campagne de mesures

La campagne de mesures avait la fonction de vérifier le comportement in situ de l'installation, compte tenu des impératifs de conception et d'autonomie du système. Pour ce faire elle avait pour objectif principal :

- *d'optimiser la gestion du système, plus particulièrement l'utilisation du générateur diesel, du jeu de batteries et des autres appareils,*
- *de mesurer précisément les résultats et les rendements du système PV SunslatesTM, avec et sans MPP tracker (dispositif de suivi du point de puissance maximale),*
- *de préciser les limites techniques et non techniques de ce genre d'applications pour les installations autonomes,*
- *et enfin de connaître le degré de satisfaction de la famille Blattner après 5 ans d'utilisation de l'installation.*

D) Dépouillement des mesures

L'installation est opérationnelle depuis le lundi 21 juillet 2003. Les informations obtenues in situ étaient transmises par modem au bureau de la société Solstis à Lausanne où elles ont été régulièrement traitées et analysées. L'acquisition des mesures se faisait chaque semaine avec un dépouillement du datalogger afin de pouvoir réagir rapidement en cas de dysfonctionnement des équipements. Une analyse périodique, mais succincte des mesures s'est faite après 3, 6 et 9 mois pour en vérifier la validité.

Les valeurs ont été mesurées depuis le 21 juillet sur une durée de 15 mois. Comme un capteur a dû être changé en septembre 2003, des données cohérentes suivies sont seulement disponibles à partir du 1^{er} octobre 2003, et ceci jusqu'à fin octobre 2004.

En définitif seul 13 mois de mesures continues existent. Nous avons donc pris en considération dans notre analyse une année complète de mesures qui va du 1^{er} octobre 2003 au 30 septembre 2004. Les grandeurs mesurées sont les suivantes :

- *ensoleillement global horizontal et dans le plan des panneaux*
- *tension et courant du champ sans MPP tracker*
- *tension et courant du champ avec MPP tracker*
- *tension batterie, courant de charge/décharge*
- *puissance AC consommée*
- *puissance AC de recharge par le groupe électrogène*
- *énergie AC fournie par le groupe électrogène*
- *température de l'air extérieur*

3. RESULTAT DE MESURES

A) Résultat des mesures sur l'année

Les résultats de mesure sont disponibles sous deux formats :

- a) *La moyenne des mesures sur « 10 minutes », correspondant en fait à la moyenne de 60 mesures d'une période d'échantillonnage de 10 secondes*
- b) *La moyenne des mesures sur « 24 heures », faite à partir de l'ensemble des mesures moyennes sur « 10 minutes »*

Nous avons ensuite effectué les totaux mensuels sur la base des échantillons de mesures de « 24 heures » afin de faire une première analyse générale des résultats sur l'année.

	Production champ 1	Production champ 2	Total production solaire	Production onduleur, consommation domestique	Production par génératrice	Pertes
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
oct-03	90	91	181	167	5	19
nov-03	63	67	131	149	126	108
déc-03	51	58	109	142	83	50
janv-04	17	35	52	110	202	144
févr-04	63	88	151	127	76	100
mars-04	94	113	207	184	98	121
avr-04	126	134	261	197	24	87
mai-04	163	135	298	229	47	116
juin-04	161	132	293	221	19	90
juil-04	179	168	347	280	4	71
août-04	149	144	293	229	18	81
sept-04	131	120	251	253	114	112
Année	1288	1286	2573	2288	815	815

Figure 7 – Résultats mensuels et pour l'année des principales grandeurs mesurées

Les productions électriques des deux groupes (champs photovoltaïques 1 et 2) sont très proches. Le total fait environ 2600 kWh, ce qui est beaucoup pour une installation de 3 kW qui ne peut pas donner à tout moment le maximum de son potentiel car l'accumulateur impose une limite de capacité.

L'analyse de ces valeurs nous amène aux remarques suivantes :

- *la capacité solaire est bien exploitée car le système est bien dimensionné. La plupart des kWh disponibles sur le champ capteurs sont utilisés. Même en période estivale (voir juillet 2004), la génératrice a dû fournir un complément d'énergie,*
- *le champ solaire 1 muni d'un MPP tracker ne produit pas plus d'énergie électrique que le champ solaire 2,*
- *la part d'électricité non renouvelable produite par la génératrice reste inférieure au 25% de la production totale.*

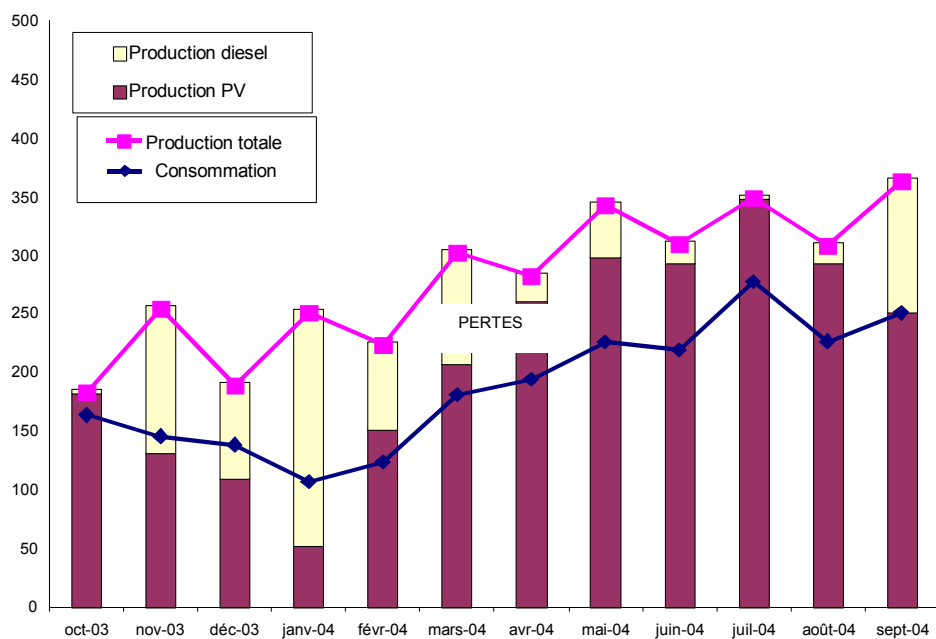


Figure 8 – Profil de production et consommation annuels

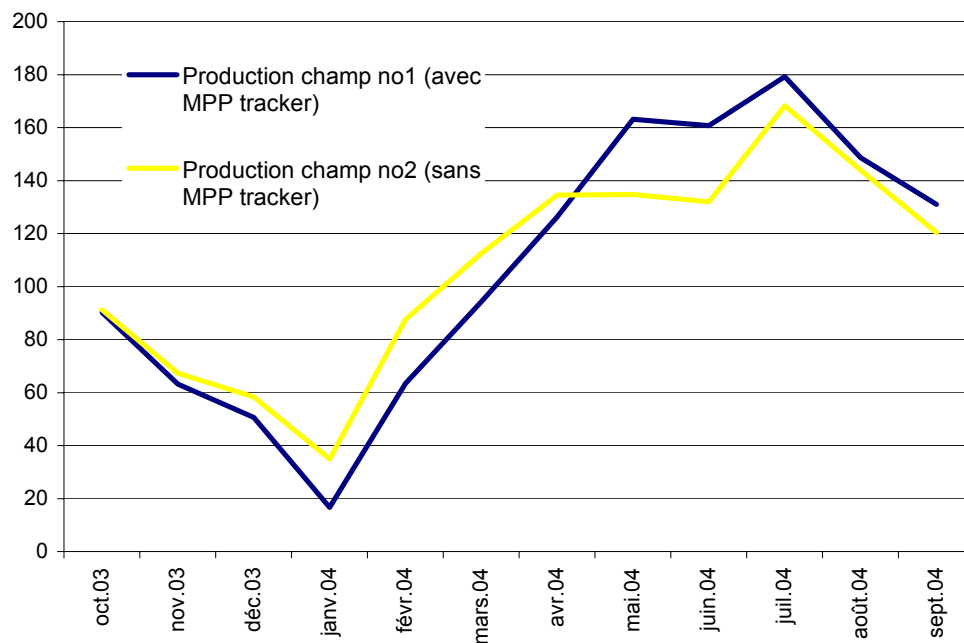


Figure 9 – Comparaison des productions photovoltaïques de chaque groupe, avec et sans système de suivi du point de puissance maximum (MPP tracker)

B) Exemples de mesures journalières

Pour vérifier le bon fonctionnement de l'installation, il est utile de visualiser la puissance fournie par le générateur photovoltaïque durant la journée. Les graphiques ci-dessous présentent des mesures choisies pour les différentes saisons : 29 novembre 2003 et 20 novembre 2004 pour la période d'automne-hiver, 31 mars 2004 pour le printemps et 30 juillet 2004 pour l'été.

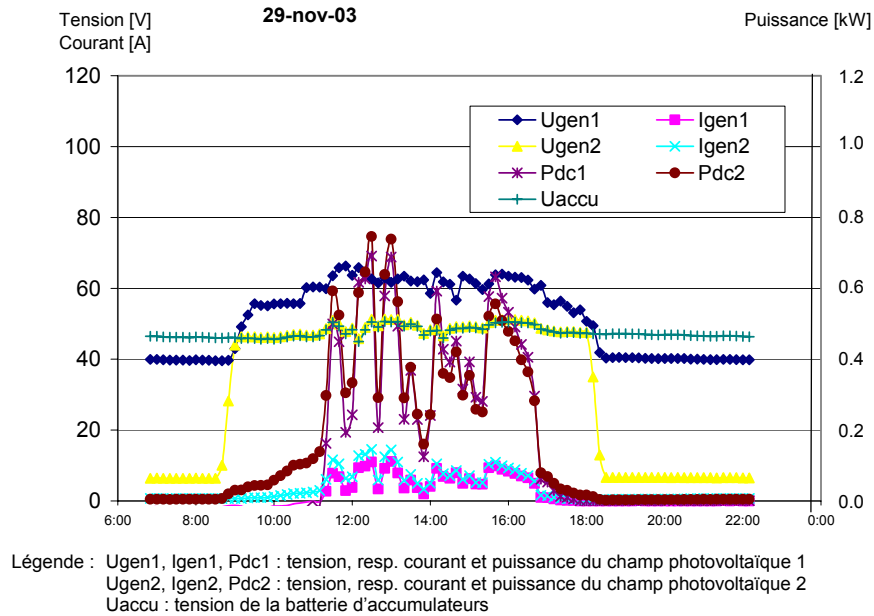


Figure 10 – Vue de la production des deux champs au 29 novembre 2003

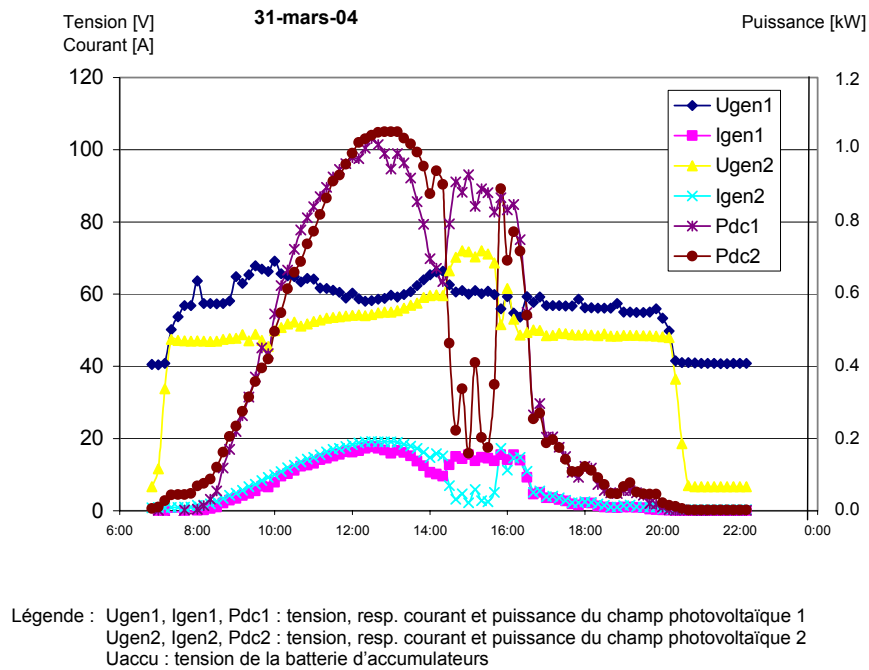
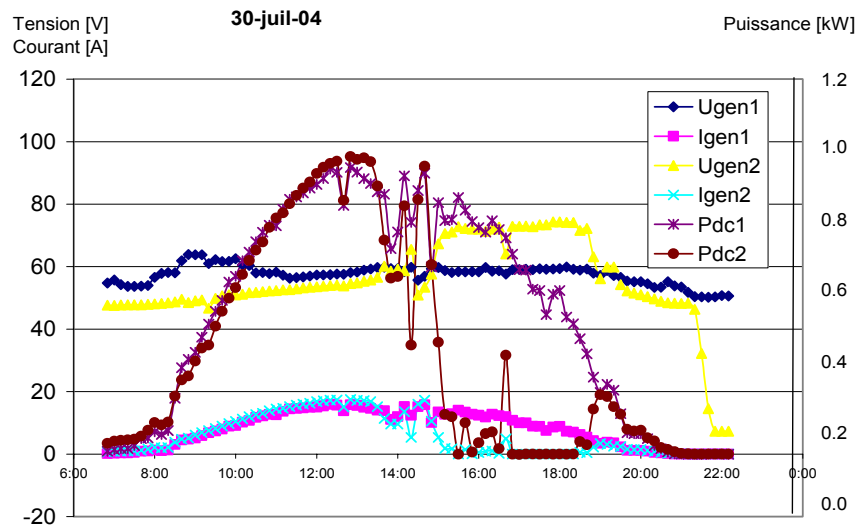
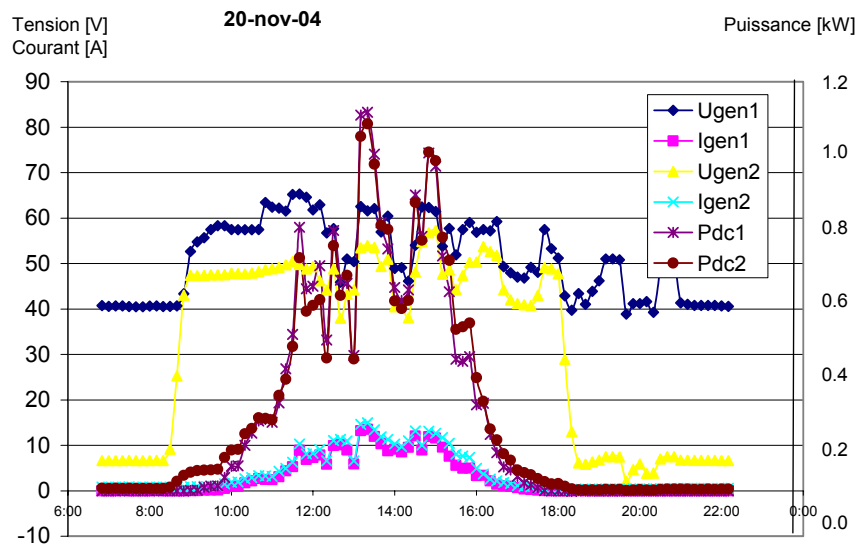


Figure 11 – Vue de la production des deux champs au 31 mars 2004.



Légende : Ugen1, Igen1, Pdc1 : tension, resp. courant et puissance du champ photovoltaïque 1
Ugen2, Igen2, Pdc2 : tension, resp. courant et puissance du champ photovoltaïque 2
Uaccu : tension de la batterie d'accumulateurs

Figure 12 – Vue de la production des deux champs au 30 juillet 2004



Légende : Ugen1, Igen1, Pdc1 : tension, resp. courant et puissance du champ photovoltaïque 1
Ugen2, Igen2, Pdc2 : tension, resp. courant et puissance du champ photovoltaïque 2
Uaccu : tension de la batterie d'accumulateurs

Figure 13 – Vue de la production des deux champs au 20 novembre 2004

4. ANALYSE DES RESULTATS

A) Explications des pertes du système

Les pertes de l'installation proviennent du cyclage de l'accumulateur et du rendement de conversion de l'onduleur. Nous n'avons pas mesuré le rendement de conversion de l'onduleur qui doit être tout à fait usuel.

En ce qui concerne la perte des batteries, la charge a lieu durant la journée et la consommation plutôt la nuit. On a par conséquent chaque jour une charge/décharge partielle de l'accumulateur qui provoque un échauffement dû aux pertes ohmiques et chimiques. De plus, bien que le nombre de cycles complets puissent être estimé à environ 500², l'accumulateur souffre de longues périodes hivernales où sa charge est maintenue à un état plus faible. On peut donc estimer très grossièrement que l'accumulateur a déjà atteint 50 à 70% de sa durée de vie.

B) Commentaires au sujet du MPP tracker

Au vu des résultats il apparaît que le dispositif de poursuite du point de puissance maximale (MPP tracker) n'apporte aucun gain significatif. La comparaison des résultats de production des deux champs photovoltaïques (avec le MPP tracker et sans le MPP tracker) sont illustrés par les mesures de la figure 9.

Il y a deux raisons à ceci. La première raison est que l'électronique de cet adaptateur d'impédance (convertisseur DC/DC) est dimensionnée pour fournir des puissances jusqu'à 2880 W. Il y a donc une consommation de seuil de l'ordre de 100 W, visible le matin, le soir ou lors de très faibles ensoleillements. La deuxième raison provient du relativement bon dimensionnement du générateur solaire, dont la tension nominale est très proche de la tension de l'accumulateur. Le fait de déplacer le point de fonctionnement n'apporte donc que peu de puissance supplémentaire sur le générateur équipé du MPP tracker.

Sur l'année, les 2 groupes ont produit environ la même quantité d'énergie, bien que vers la fin de charge, c'est la plupart du temps le groupe 2 (sans régulateur MPP) qui s'arrête le premier (voir figures 11 et 12, comparaison Pdc 1 et Pdc 2).

C) Commentaires au sujet de l'exploitation de l'installation

Le système photovoltaïque est sciemment dimensionné assez bas. Le tableau de la figure 7 nous donne une consommation totale d'environ 2300 kWh pour une production solaire d'approximativement 2600 kWh et une production « Diesel » de 800 kWh. Le taux de couverture solaire est de l'ordre de 76%³ environ, ce qui permet de limiter au strict minimum les pertes par surproduction solaire.

A cette production « Diesel » doit encore s'ajouter une consommation complémentaire de Monsieur Blattner d'environ 400 kWh électriques, qui en combinaison avec les pertes de chaleur de la génératrice, chauffent la cave après les vendanges et durant l'hiver. Cette valeur est indicative parce que le chauffage de la cave n'a pas été mesuré dans cette étude.

Nous constatons cependant que le système a un défaut qui empêche le bon fonctionnement simultané de la génératrice et de l'onduleur. En effet, le groupe diesel est muni d'un disjoncteur à courant de défaut (disjoncteur FI ou différentiel). Celui-ci se déclenche lorsque le groupe est raccordé à la distribution de la maison. Pour charger les accumulateurs à partir de la génératrice Monsieur Blattner est obligé de procéder de la manière suivante :

² Le nombre de cycles estimé à 500 est calculé de la manière suivante : 2288 kWh/an divisé par 24 kWh (500 Ah x 48 V = 24 kWh) et multiplié par 5 ans

³ Le taux de couverture solaire mesure la part de la production solaire par rapport à la production totale du système, soit 2600 kWh / 3400 kWh x 100 = 76%

1. déclencher la distribution 230 V alimenté par l'onduleur Trace 4000 VA
2. brancher cette distribution en direct sur la génératrice
3. brancher la génératrice uniquement sur l'entrée « chargeur » de l'onduleur.

Ceci complique notablement l'exploitation du système. Avec un onduleur-chargeur normal, il suffit de démarrer la génératrice pour que l'onduleur, détectant la présence du réseau, enclenche un relais « by-pass » (ou relais de transfert) pour coupler sa sortie directement à celle de la génératrice. Simultanément, l'onduleur va pomper du courant pour recharger les accumulateurs.

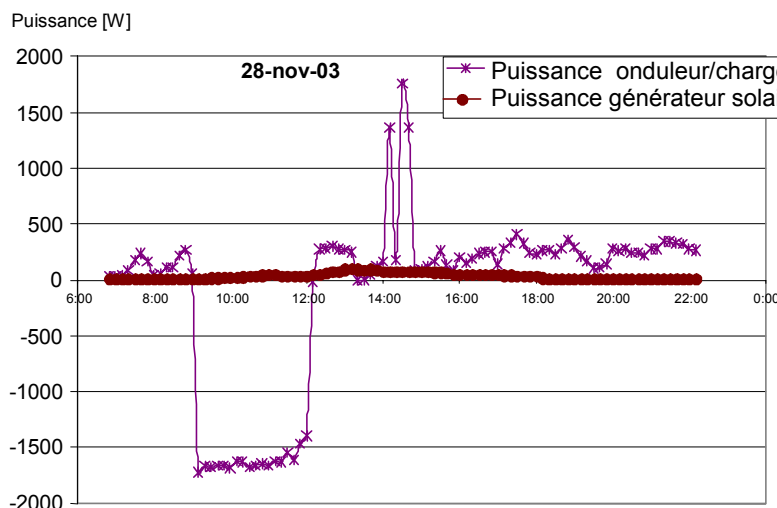


Figure 14 –Fonctionnement de l'onduleur lors d'un jour nécessitant le recours à la génératrice

Pour optimiser l'installation et au vu de ce qui précède, notre unique proposition d'amélioration du système consiste à opter pour une solution différente de gestion du système d'appoint « Diesel », afin de passer automatiquement d'une production PV à une production Diesel (et vice versa) en fonction des besoins et de la production, pour limiter au maximum les manipulations faites actuellement par Monsieur Blattner.

D) Satisfaction du client

Comme cela avait été convenu, nous nous sommes entretenus avec le client pour le questionner sur le fonctionnement de son installation.

Monsieur Blattner utilise principalement le générateur « Diesel » en automne pour faire fonctionner sa presse à vin, ainsi qu'en hiver pour compenser le plus faible rendement de la toiture PV et chauffer la cave. Il va prochainement mettre en service une chaudière à bois pour éviter d'utiliser de manière inappropriée le générateur « Diesel » pour chauffer la cave.

Durant les entretiens Monsieur Blattner nous a fait part de son entière satisfaction. L'installation convient à l'entier de ses besoins domestiques et professionnels. Il a même l'impression que la charge des accumulateurs est meilleure depuis l'ajout du MPP tracker qu'auparavant. Il est difficile de vérifier cette impression avec certitude du fait que nous n'avons pas de mesures antérieures à la modification de l'installation ou du départ de la campagne de mesures.

5. PUBLICATIONS

Les rapports sur la planification et l'installation du système (sans la campagne de mesures) ont été publiés en 1999 et 2000 dans le cadre des rapports annuels des projets pilotes et de démonstration du programme PV de l'OFEN.

Les résultats en cours de la campagne de mesures de l'installation ont été publiés une première fois en 2003 dans le cadre des rapports annuels des projets pilotes et démonstration du programme PV de l'OFEN. Les résultats définitifs de la campagne de mesures sont précisés dans le présent rapport. Ces données feront l'objet d'une publication définitive dans le cadre des rapports annuels des projets pilotes et de démonstration du programme PV en 2004.

Le présent projet a été présenté durant l'année 1998 à l'IEA Tâche PVPS III en tant que projet pilote et démonstration (Swiss Showcase Project). L'installation n'était alors cette année pas encore en exploitation. Vu la valeur et la cohérence des données, nous pensons que le rapport final des résultats des mesures de l'installation pourra éventuellement faire l'objet d'une nouvelle publication, cette fois plus internationale, dans le cadre de la participation de la Suisse à la tâche III de l'IEA.

6. CONCLUSION

Les résultats analytiques de la présente étude ont permis de constater que :

- *le système PV fonctionne bien depuis 1999 sans interruption et il est correctement dimensionné,*
- *le taux de couverture solaire qui mesure la part de production solaire par rapport à la production totale du système est de l'ordre de 76 %, ce qui permet de minimiser les pertes de surproduction solaire,*
- *les pertes du système proviennent principalement des contraintes de cyclage des accumulateurs (charges et décharges partielles journalières du jeu de batteries qui provoquent son échauffement) et de la durée de vie des batteries déjà entamée à 50-70% qui diminuent les performances,*
- *le dispositif de poursuite du point de puissance maximale (MPP tracker) installé sur l'un des deux champs PV n'apporte aucun gain significatif de la performance du système.*

Monsieur Blattner nous a également fait part de sa pleine satisfaction. L'installation convient à l'entier de ses besoins domestiques et professionnels. Le générateur diesel est principalement utilisé en automne pour faire fonctionner la presse à vin, ainsi qu'en hiver pour compenser le plus faible rendement de la toiture PV.

Pour optimiser l'installation et au vu de ce qui précède, notre unique proposition d'amélioration du système consiste à opter pour une solution différente de gestion du système d'appoint « Diesel », afin de passer automatiquement d'une production PV à une production Diesel (et vice versa) en fonction des besoins et des moyens de production électrique, pour limiter au maximum les manipulations faites actuellement par Monsieur Blattner.