

Mai 2004

Programme photovoltaïque édition 2004

Rapport de synthèse 2003

élaboré par:
NET Nowak Energie & Technologie SA



Photo de couverture:

Intégration en toiture, système Freestyle®, de 5.5 kW_c à Lutry près de Lausanne

(Photo Solstis)

élaboré par:

NET Nowak Energie & Technologie SA

Waldweg 8, CH - 1717 St. Ursen (Suisse)

Tél. +41 (0) 26 494 00 30, Fax. +41 (0) 26 494 00 34, info@netenergy.ch www.netenergy.ch

sur mandat de:

Office fédéral de l'énergie OFEN

Worbentalstrasse 32, CH - 3062 Ittigen Adresse postale: CH - 3003 Bern

Tél. 031 322 56 11, Fax. 031 323 25 00 office@bfe.admin.ch www.energie-schweiz.ch

PHOTOVOLTAÏQUE

Rapport de synthèse, édition 2004

Programme de recherche 2003

Stefan Nowak

stefan.nowak@netenergy.ch



Système industriel de déposition par plasma

Unaxis conçoit un système de déposition par plasma pour la fabrication industrielle des cellules solaires micromorphes selon le concept développé à l'IMT de l'Université de Neuchâtel. Des synergies avec des processus existants devraient accélérer le transfert technologique.

(Photo Unaxis)

Sommaire

1.	APERÇU DU PROGRAMME ET OBJECTIFS FIXES POUR 2003	4
2.	TRAVAUX REALISES ET RESULTATS OBTENUS.....	5
	TECHNOLOGIE DES CELLULES.....	5
	MODULES SOLAIRES ET INTEGRATION AU BATIMENT.....	8
	TECHNIQUE DES SYSTEMES ELECTRIQUES.....	9
	ETUDES ET PROJETS COMPLEMENTAIRES	11
	COOPERATION INTERNATIONALE AIE, CEI, PV-GAP	12
3.	COOPERATION NATIONALE.....	14
4.	COOPERATION INTERNATIONALE.....	14
5.	PROJETS PILOTES ET DE DEMONSTRATION	14
	INTRODUCTION	14
	APERÇU DE QUELQUES RESULTATS	15
	PROJETS P+D	17
6.	EVALUATION 2003 ET PERSPECTIVES 2004	25
7.	LISTE DES PROJETS DE RECHERCHE	26
8.	LISTE DES PROJETS P+D	29
9.	BIBLIOGRAPHIE.....	32
10.	INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES.....	33
11.	ABRÉVIATIONS UTILISÉES ET SITES INTERNET	34
12.	SITES INTERNET COMPLÉMENTAIRES	35

1. Aperçu du programme et objectifs fixés pour 2003

Pour le programme de recherche Photovoltaïque (PV), l'année 2003 a été marquée par la consolidation et l'intensification des activités en rapport avec la mise en œuvre des résultats de la recherche, par le biais de nouvelles coopérations avec l'industrie et de la collaboration internationale. Malgré la stagnation observée sur le marché intérieur du photovoltaïque et malgré les incertitudes qui pèsent sur l'avenir de SuisseEnergie, l'industrie s'intéresse de plus en plus à la technologie PV. Ainsi, la mise en place d'une base industrielle continue en Suisse. Ce faisant, le programme Photovoltaïque poursuit, comme jusqu'ici, une stratégie délibérément internationale. Les activités en cours pendant l'année 2003 sous revue, en matière de recherche et de développement comme de projets pilotes et de démonstration (P+D), concernent quelque 85 projets. Ce nombre comprend tous les projets connus bénéficiant du soutien des pouvoirs publics; il reste ainsi du même ordre de grandeur que l'année précédente, tout comme les moyens engagés.

Conformément au Plan directeur de la recherche photovoltaïque 2000 – 2003 [90] approuvé par la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE), le programme Photovoltaïque englobe les cinq domaines suivants:

Les cellules de l'avenir

Pendant l'année sous revue, les travaux consacrés aux **cellules solaires en couches minces** ont concerné essentiellement les cellules au **silicium** (amorphe ou microcristallin), celles à base de **semi-conducteurs composés** (CIGS) et celles à **colorant**. Pour les cellules au silicium en couches minces notamment, l'accent a été mis sur de nouveaux procédés de fabrication. Pour toutes les technologies, on a continué inlassablement à rechercher des applications pratiques et plusieurs nouveaux projets d'importance se sont concrétisés par la participation d'entreprises du secteur privé.

Modules et intégration au bâtiment

L'intégration du photovoltaïque à l'environnement construit figure toujours au premier rang des applications recherchées. Dans ce contexte, l'accent est actuellement mis sur l'application des cellules en couches minces, tant en ce qui concerne les produits que les expériences faites. Pour ce qui est des modules solaires, on s'intéresse à leur optimisation en vue d'une nouvelle réduction de leur coût ainsi qu'à de nouveaux procédés industriels.

Technique des systèmes électriques

Pour les applications, **l'assurance qualité** des modules photovoltaïques, des onduleurs et des installations dans leur ensemble est primordiale, tout comme les **observations de longue durée** faites sur ces composants. Des séries de mesures sur plusieurs années et l'analyse approfondie des déficiences constatées sur les composants doivent permettre l'identification des paramètres critiques et une nouvelle amélioration de la durée de vie. La prédiction plus précise de la **production d'énergie** des modules solaires a été l'un des objectifs importants de l'année sous revue. Les **normes** d'installation des systèmes PV raccordés au réseau méritaient une révision. Pour les **installations autonomes**, la recherche a porté notamment sur les concepts de stockage de l'énergie et la combinaison du PV avec d'autres techniques énergétiques.

Etudes et projets complémentaires

Ici, ce sont des questions en rapport notamment avec les **aspects environnementaux** du photovoltaïque qui sont abordées. D'autres projets de ce domaine de recherche ont pour but la création d'outils modernes d'aide à la conception des installations, à leur étude et à leur exploitation. On a recours ici aux techniques Internet dernier cri, à des modèles numériques de simulation, au traitement des images et même aux satellites de communication. Par contre, au chapitre des applications destinées aux **pays en voie de développement**, ce sont les aspects non techniques qui sont sous les feux de la rampe.

Coopération internationale institutionnelle

Pour tous les domaines, la coopération internationale représente un pilier central. L'un des objectifs importants de l'exercice était de suivre l'évolution et d'intensifier les échanges au niveau international, ce qui a été fait dans le cadre des programmes de l'**UE** et de l'**AIE**, comme jusqu'ici. La collaboration internationale a été une nouvelle fois étendue pendant l'année sous revue. Le photovoltaïque suisse est ainsi à la hauteur de l'évolution internationale sur le plan scientifique et technique.

2. Travaux réalisés et résultats obtenus

TECHNOLOGIE DES CELLULES

Grâce au soutien des institutions les plus diverses, la **recherche suisse sur les cellules solaires** a pu être poursuivie **sur tous les fronts** pendant l'année 2003 sous revue. Des travaux de caractère fondamental ont trouvé place dans le cadre du programme *TOP NANO 21* du Conseil des EPF. Par ailleurs, les projets industriels bénéficiant du soutien de la CTI se sont poursuivis en vue des applications. Le fait que la coopération au sein de projets de l'UE continue à être couronnée de succès témoigne de la compétitivité de la recherche suisse dans le domaine des cellules solaires.

Silicium en couches minces

Durant l'exercice, l'IMT de l'Université de Neuchâtel a abordé une nouvelle phase du projet consacré au développement des **cellules solaires micromorphes** [1]. A plus d'un titre, cette phase marque une transition: par suite du lancement, d'abord, de la coopération avec l'entreprise Unaxis qui met sur pied à Neuchâtel dans sa nouvelle unité commerciale *Unaxis solar* un laboratoire industriel pour les installations de dépôt du matériau des cellules solaires [91]. Ensuite, par les rotations au niveau du personnel, en rapport avec ce nouveau laboratoire et par suite de la nomination du successeur du professeur A. Shah, directeur du groupe de recherche. Transition enfin, en ce qui concerne les orientations à court et à moyen terme de la recherche. Dans le cadre du projet de l'OFEN, les travaux se concentrent sur les facteurs clés assurant la position de pointe de l'IMT en ce qui concerne les connaissances scientifiques en rapport avec la technologie du silicium en couches minces: la vitesse de dépôt du silicium microcristallin, l'absorption optique de ce matériau et les couches transparentes d'oxydes (TCO) assurant la dispersion optimum de la lumière. En vue de la fabrication de cellules solaires à substrat de matière plastique, la coopération avec l'entreprise VHF Technologies, dont la création résulte indirectement de travaux de l'IMT, a été renforcée.

Dans les différents secteurs d'activité, les résultats peuvent se résumer comme suit: la vitesse de dépôt du silicium microcristallin de la qualité nécessaire aux cellules solaires dépasse maintenant 2.5 nm/s; à vitesse de dépôt modérée, le rendement de cellules simples constituées de silicium microcristallin déposé sur du verre atteint 7%; quant aux cellules déposées sur le plastique PET, leur rendement atteint 7% pour le silicium amorphe et 5.2% pour le silicium microcristallin (cellules simples n-i-p); pour cette nouvelle combinaison de matériaux, c'est un résultat encourageant. On a recouru pour cela à de nouvelles façons de structurer le substrat. La croissance et la structure du silicium microcristallin ont été étudiées de manière plus fondamentale et les auteurs de ces travaux ont reçu une distinction lors de la 3^e Conférence mondiale du photovoltaïque, à Osaka [92]. L'année sous revue a vu la conclusion du projet **DOIT** [2] de l'UE, consacré à d'autres aspects des cellules micromorphes. L'objectif global était ici un petit module micromorphe de 30x30 cm² ayant un rendement stable de 11%. Dans ce contexte, la tâche principale de l'IMT consistait à appliquer à une grande surface la technique VHF de dépôt. Pendant l'année sous revue, des problèmes sont apparus dans le réacteur et les travaux ont pris beaucoup de retard; l'origine des difficultés résidait dans une contamination par de l'oxygène. C'est pourquoi les objectifs intermédiaires de 7 et 8% n'ont pas encore pu être atteints, le meilleur rendement mesuré par l'IMT étant jusqu'ici de 5.3%. Par contre, le meilleur rendement stable obtenu par l'ensemble des participants au projet DOIT s'est élevé à 10%.

Dans le projet industriel d'Unaxis, les installations KAI de dépôt des couches, utilisées pour la production d'écrans plats de grandes dimensions (Fig. 1), vont être optimisées en vue de la fabrication des

cellules solaires micromorphes. C'est un projet très ambitieux, susceptible de révolutionner la production des cellules en couches minces.

Le projet CTI triangulaire du CRPP de l'EPFL, de l'IMT et d'Unaxis s'est achevé pendant l'année sous revue [3]. Il avait pour objet la mise au point d'une **installation de dépôt rapide** de cellules en couches minces au silicium **sur une grande surface**. Tous les objectifs ont été atteints: dans une chambre de $1.4 \times 0.7 \text{ m}^2$, on a pu déposer une cellule solaire p-i-n amorphe stable à la vitesse de 3 Å/s . Ce projet CTI est aussi l'un des éléments importants du transfert de technologie mentionné plus haut vers Unaxis.



Figure 1: Installation industrielle KAI de dépôt à plasma (Photo: Unaxis)

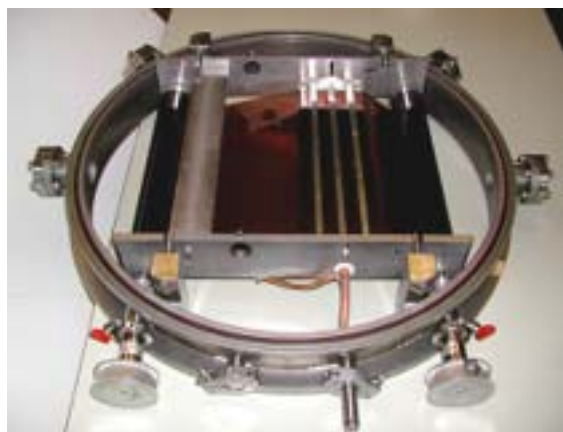


Figure 2: Installation expérimentale pour l'obtention de films rugueux de polyimide (Photo: EIAJ)

Un autre projet s'est également terminé en 2003: la Haute Ecole spécialisée du Locle (EIAJ) a collaboré avec VHF Technologies pour améliorer le captage de la lumière, et par là-même le rendement de la cellule solaire amorphe, grâce à des **substrats de polymères** dont la surface est **rendue artificiellement rugueuse** [4]. Le procédé *roll-to-roll* utilisé consiste en une gravure ionique réactive à l'aide de SF_6/O_2 (Fig. 2). C'est ainsi que le rendement a pu être amélioré de 10% dans le cas de substrats rugueux de polyimide. A l'IMT, on a mesuré un rendement initial de 6.9% pour des cellules au silicium amorphe préparées avec ce substrat modifié. Toujours en collaboration avec VHF Technologies, la création de **structures nanométriques aléatoires sur des substrats de polymères** a été étudiée dans le cadre d'un projet *TOP NANO 21*, dans le but de mieux capter la lumière [5]. Le procédé choisi combine gravure ionique réactive et dépôt d'aluminium. Les expériences ont été réalisées sur des couches de silicium amorphe et nanocristallin. Elles ont permis une étude approfondie de la diffusion de l'aluminium et des processus de cristallisation induits par ce métal.

Un nouveau projet de VHF Technologies [6] étudie les moyens d'améliorer la **fiabilité des cellules solaires amorphes déposées sur des substrats de polymères**. Ceci concerne notamment l'adhérence du contact métallique de dos au polyimide. En peu de temps déjà, une amélioration substantielle de cette adhérence a été réalisée grâce à l'optimisation du procédé de fabrication. En conséquence, le comportement de ces matériaux au cours de cycles thermiques est plus satisfaisant qu'auparavant.

Silicium cristallin

HCT Shaping Systems participe au projet **RE-SI-CLE** [7] de l'UE, dont l'objectif est la mise au point de procédés nouveaux pour le recyclage des déchets de silicium brut produits par la chaîne de fabrication, pour les réintroduire dans le cycle de production. En effet, le matériau de base des cellules cristallines au silicium est disponible en quantités justes suffisantes. Actuellement, 34% du silicium est perdu sous forme de poudre lors de la fabrication des cellules polycristallines, ce qui représente 5.1 tonnes de silicium par MW_c en modules. L'analyse de la boue produite par le sciage au fil métallique permet l'identification et la mise au point de techniques mécaniques et chimiques d'extraction appropriées (Fig. 3).

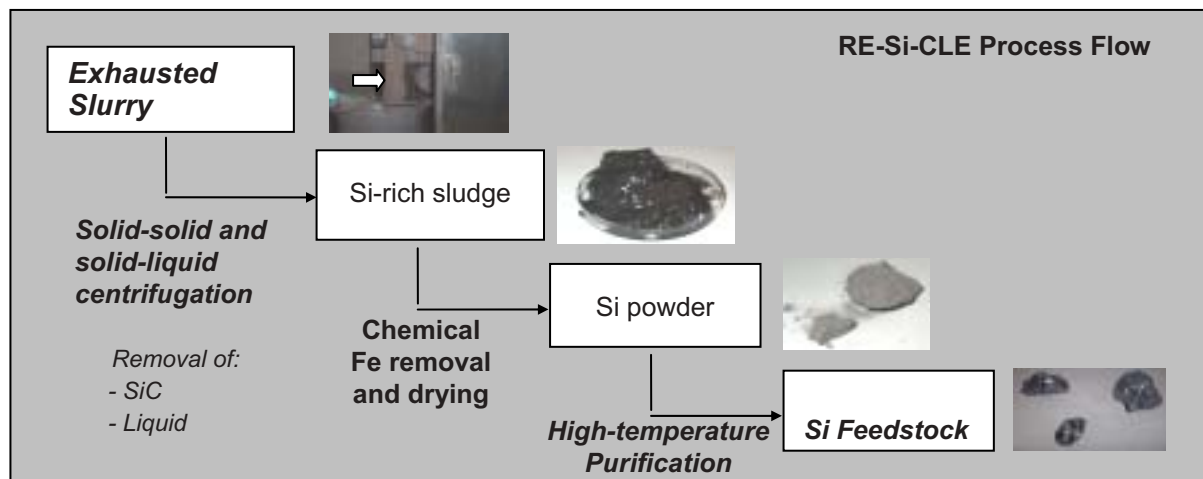


Figure 3: Chaîne de procédés pour le recyclage du silicium (Photo: HCT Shaping Systems)

Composés II-VI (CIGS)

L'Unité de Physique des couches minces de l'EPFZ travaille depuis des années à divers projets de l'UE relatifs aux cellules solaires à base de semi-conducteurs composés (CIGS, CdTe). Le projet **PROCIS** [8] est arrivé à son terme en 2003. Il était consacré à certains aspects de la production de cellules CIGS de grande surface. Dans ce cadre, cette unité de l'EPFZ a étudié l'effet du sodium sur la microstructure des couches CIGS et la cinétique de la croissance; ce métal améliore les propriétés du matériau. Des cellules solaires CIGS munies de couches tampons CdS ont été fabriquées par divers procédés sous vide. Toutefois, le recours à des procédés de chimie humide pour créer une couche tampon de CdS conduit à un rendement nettement meilleur (14-15%) que dans le cas de couches déposées sous vide (10-12%). Par contre, des couches tampons de ZnS et ZnSe conduisent à de moins bons résultats (rendement d'environ 9%). L'étude de nouvelles couches tampons pour les cellules solaires CIGS se poursuit au sein du projet européen **NEBULES** [9]. L'Unité de l'EPFZ y participe et s'occupe de la caractérisation structurale et électronique des cellules solaires. Les études effectuées permettent, d'une part, de mieux comprendre les interfaces et, par là-même, les différences entre les procédés mentionnés plus haut. D'autre part, elles sont aussi consacrées à de nouvelles couches tampons au In_2S_3 . Les partenaires du projet ont ainsi obtenu un rendement de 16.4%. Quant au projet européen **META-FLEX** [10], il est consacré au développement d'un procédé *roll-to-roll* pour la production de cellules solaires souples CIGS. L'Unité de l'EPFZ y étudie les mini-modules et les dépôts CIGS sur le polyimide, à des températures allant jusqu'à 450 °C. Pendant l'année sous revue, l'activité principale a été la fabrication du substrat de polyimide par *spin coating*. Sur la base des expériences faites avec d'autres substrats, on ajoute du sodium lors du dépôt CIGS, par un procédé spécial. A ce jour, le meilleur rendement obtenu est de 14.4%.

Dans le cadre de *TOP NANO 21*, on a recherché de nouveaux procédés de fabrication basés sur des **nano-matériaux**, applicables aux cellules CIGS [11]. Dans les procédés qui ne font pas appel au vide, l'utilisation de couches *Precursor* appropriées permet de réduire les coûts. La couche *Precursor* est frittée dans une atmosphère contenant du sélénium. L'année sous revue a vu la réalisation d'un rendement de 6.7% pour la caractéristique courant-tension.

Cellules à colorant

A l'ICMB de l'EPFL, le développement de **cellules solaires nanocristallines** à colorant activateur [12] se poursuit avec notamment, pendant l'année sous revue, des travaux sur la synthèse des colorants pour le domaine de température probable. En collaboration avec Greatcell Solar, dans le cadre d'un projet *TOP NANO 21* [13], on met au point des **applications** de la cellule à colorant destinées à une utilisation **à l'intérieur des bâtiments**. Un autre projet *TOP NANO 21* est consacré à des **cellules souples à colorant** [14]. Comme substrat, ce sont des films d'acier inoxydable qui retiennent l'attention. Dans le projet de l'UE baptisé **NANOMAX** [15], on recherche de nouvelles voies pour la

création de cellules à colorant activateur, notamment par de nouveaux concepts de photo-électrodes et de nouveaux matériaux, dont les colorants, par des propriétés de transport améliorées et par une recombinaison réduite des porteurs de charge. On espère réaliser un rendement de 12%, puis son extrapolation à 15%, enfin une valeur de 9% sur une surface de 100 cm². Le groupe de l'EPFL examine des variantes possibles pour le choix du colorant activateur.

Cellules solaires à antennes

L'Université de Berne a poursuivi ses recherches fondamentales sur les **cellules solaires à antennes** [16], dans le cadre du programme de Chimie solaire et avec l'appui du Fonds national suisse. L'objectif est une nouvelle variante de cellules à colorant activateur utilisant des cristaux de zéolithe chargés de colorants. On étudie plus spécialement l'organisation des cristaux dans la couche limite vers la surface d'un matériau semi-conducteur, en vue de la transmission d'énergie par les électrons.

MODULES SOLAIRES ET INTEGRATION AU BATIMENT

Aujourd'hui comme hier, les **installations intégrées au bâtiment** sont les applications les plus importantes du photovoltaïque en Suisse. Tandis que, dans le cadre des bourses d'électricité solaire, on choisit le plus souvent les solutions en toiture plate les plus avantageuses, les recherches se poursuivent dans le but de réduire le prix de revient des solutions présentant une intégration poussée. Puisqu'il existe maintenant toute une série de systèmes de montage pour le bâtiment (voir aussi le chapitre P+D), les efforts se reportent de plus en plus sur le module solaire lui-même. On s'intéresse plus spécialement à la mise au point de l'intégration des cellules solaires en couches minces et aux contraintes nouvelles liées à ces cellules. Des entreprises suisses participent à différents projets nouveaux de l'UE.

Au cours de l'année sous revue, le projet CTI de VHF Technologies, d'Alcan Technology & Management et de la Haute Ecole spécialisée du Locle (EIAJ) s'est achevé; il avait pour but de développer un **module PV composite** [17] à base d'*Alucobond*®, pour les applications intégrées de la cellule solaire amorphe au silicium. Un procédé de fabrication pour les modules de grande surface a fait ses preuves, avec les techniques de laminage adéquates. Le rendement stabilisé des cellules solaires a pu être amélioré jusqu'à atteindre 4%. Une première série de modules prototypes a été fabriquée; elle est actuellement testée en plein air (Fig. 4).



Figure 4: Test à la Haute Ecole Spécialisée du Locle des premiers prototypes des modules solaires fabriqués sur la base d'*Alucobond*® et de la technique de VHF Technologies (Photo: EIAJ)



Figure 5: Installation de démonstration pour l'essai d'éléments CIS en plein air, dans le cadre du projet HIPERB (Photo: 3S)

Swiss Sustainable Systems (3S) étudie dans quelle mesure il est possible d'améliorer les performances des modules solaires en créant une **couche anti-reflet** à la surface du **vitrage** par **attaque chimique** [18]. Les premières mesures comparatives confirment cette possibilité. Par ailleurs, 3S participe à différents projets de l'UE en rapport avec l'intégration du PV au bâtiment. Pendant l'année sous revue, le projet **HIPERB** [19] de l'UE est arrivé à son terme; il concernait l'utilisation de cellules CIGS dans des systèmes de toitures et de façades PV (Fig. 5), y compris le perfectionnement du système *Megaslate®*. Différentes superstructures expérimentales pour l'intégration au bâtiment ont été réalisées; elles sont testées en vue de leur certification par le TÜV. Dans le projet **AFRODITE** [20] de l'UE, des solutions nouvelles intéressantes du point de vue de l'esthétique sont mises au point; elles font appel à des cellules solaires dont les contacts électriques sont disposés sur la face arrière; la production en série va bientôt débiter. 3S s'est occupé plus spécialement de l'optimisation de l'interconnexion des nouvelles cellules.

La société Kurth Glas & Spiegel participait au projet **ADVANTAGE** [21] de l'UE, qui s'est terminé au cours de l'année sous revue. Elle s'est consacrée au développement de modules solaires aux bandes conductrices déposées sur le verre, donc sans copolymère éthylène/acétate de vinyle. Les études ont porté surtout sur les possibilités d'établir un bon contact entre les bandes conductrices et les cellules solaires. Un contretemps s'est produit: les cellules munies de contacts sur la face arrière n'ayant pas été disponibles à temps, elles n'ont pas pu être testées dans ces modules de verre.

Quant à l'entreprise Alcan Packaging, elle prend part au projet **HIPROLOCO** [42] de l'UE dans lequel on développe de nouveaux procédés, plus avantageux, pour l'enrobage des cellules solaires dans les modules.

A l'EPFL, le projet **DEMOSITE** [22] s'est poursuivi à un niveau d'activité très réduit pendant l'année sous revue, de manière à pouvoir répondre à une possible réactivation. Il présente côte à côte de nombreuses variantes d'intégration du PV au bâtiment utilisables en toiture plate ou à pans inclinés et en façade. Il peut être visité virtuellement sur Internet, à l'adresse www.demosite.ch. Il offre ainsi aux architectes intéressés comme aux autres spécialistes un certain nombre de documents de formation continue. Pendant l'année sous revue, les travaux ont porté principalement sur l'entretien des installations et du site Internet et sur le conseil des visiteurs de ce site.

Divers autres concepts et produits nouveaux destinés à l'intégration du photovoltaïque au bâtiment ont été mis à l'épreuve dans le cadre de projets P+D (voir le chapitre *Projets pilotes et de démonstration*).

TECHNIQUE DES SYSTEMES ELECTRIQUES

Comme jusqu'ici, les **thèmes principaux de la technique des systèmes électriques** sont l'assurance qualité des composants (modules, onduleurs), des systèmes (dimensionnement, production d'énergie) et des installations (observations de longue durée). Les enseignements tirés de l'étude de ces questions pratiques sont de la première importance pour la sécurité et la fiabilité des installations futures et la standardisation des produits, puisque la croissance de ce marché est si rapide. Un besoin particulier est l'amélioration des normes applicables aux systèmes photovoltaïques et l'assurance qualité qui en résulte. Ce besoin concerne aussi les composants à intégrer au bâtiment, pour lesquels, malgré l'évolution réjouissante du marché, aucune norme contraignante n'existe encore aujourd'hui.

Pendant l'exercice sous revue, le LEEE-TISO de la SUPSI a terminé la phase en cours du projet relatif à **l'assurance qualité et à l'apport énergétique des modules photovoltaïques** [23]. Le 9^e cycle des essais portant sur 14 types de modules (3 sc-Si, 9 mc-Si, 2 a-Si) est terminé (Fig. 6). En 9 mois, la puissance des modules solaires cristallins a chuté de 3.2% en moyenne, ce qui confirme des observations antérieures. L'audit annuel du LEEE-TISO, un laboratoire équipé d'un simulateur solaire de la classe A et certifié pour les mesures selon ISO 17025, a mis en lumière une nouvelle amélioration de la précision. Au cours de l'année sous revue, quelque 1500 caractéristiques I-V ont été mesurées, dont 348 pour des clients de l'extérieur. De concert avec 9 autres laboratoires du monde entier, le LEEE-TISO prend part à un *Round Robin Test* de modules solaires qui se prolongera jusqu'en 2005. Par ailleurs, les mesures effectuées sur les 3 installations PV du LEEE-TISO se sont poursuivies. Le projet **MTBF-PV** [24] de l'UE dans lequel le LEEE-TISO et le laboratoire européen d'essai ESTI à Ispra étudient

l'installation de 10 kW_c raccordée au réseau, qui date de plus de 20 ans, est arrivée à son terme pendant l'année sous revue. On a constaté une augmentation du nombre des modules pour lesquels une délamination de la couche de tedlar se produit dans le film d'aluminium au dos des modules (en 2003: 24 modules, soit 9.5% du total). C'est une affaire à suivre de près puisque, par couplage capacitif, elle a une influence sur la sécurité électrique. Après 12 ans de service, l'onduleur doit être remplacé; on prévoit dorénavant 3 onduleurs de chaîne, soit un pour chaque champ de modules.



Figure 6: Le banc d'essai pour modules PV du TISO
(Photo: LEEE-TISO)

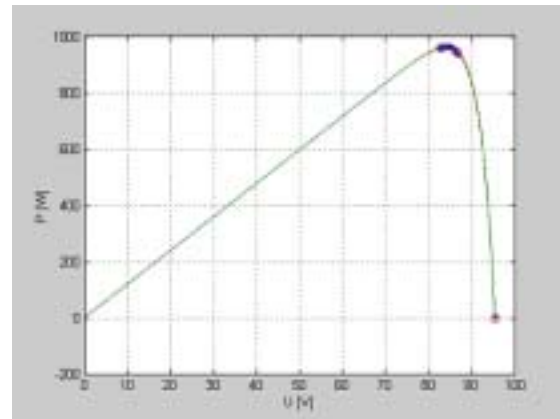


Figure 7: Détermination automatique du point de fonctionnement de puissance maximum (Maximum Power Point MPP) de l'onduleur
(Photo: HTI de Berthoud)

En outre, le LEEE-TISO participe à **PV Enlargement** [25], un projet de démonstration de l'UE qui concerne 10 pays, dont 5 de l'Europe orientale, et 32 installations d'une puissance totale de 1.15 MW_c. Le LEEE-TISO est chargé du suivi scientifique, notamment des questions d'étalonnage et de mesure des performances des modules solaires utilisés. 210 modules choisis de manière aléatoire seront soumis aux essais.

Avec le soutien de la Société Mont-Soleil, de Localnet, des Entreprises électriques de Bâle-Campagne et de l'OFEN, le Laboratoire photovoltaïque de la HTI de Berthoud a terminé le projet consacré au **comportement à long terme des installations photovoltaïques raccordées au réseau** [26]. 42 installations comportant en tout 55 onduleurs ont fait l'objet de mesures. La fiabilité élevée des onduleurs s'est confirmée pendant l'année sous revue. L'installation de 560 kW_c sise sur le Mont-Soleil a produit 1135 kWh/kW_c en 2003 contre 935 kWh/kW_c en 2002. L'installation de haute montagne du Jungfraujoch a fêté ses 10 années d'existence; en moyenne sur toute la période, elle a produit 1372 kWh/kW_c. Pour un certain nombre d'installations, les données mesurées sont converties dans le format de la base de données de la Tâche 2 du programme IEA PVPS [37]. Disponibles aussi, pour une partie d'entre elles, sur Internet (www.pvtest.ch), elles couvrent les installations les plus diverses et renseignent sur le comportement à long terme de celles-ci. Les travaux se poursuivent dans le cadre du projet subséquent **PVSYTE Technique des systèmes photovoltaïques** [27]. Au cours de l'année sous revue, le logiciel de pilotage du simulateur de générateur photovoltaïque de 25 kW a été modifié pour permettre des essais semi-automatiques d'onduleurs. En particulier, le point de fonctionnement de puissance maximum (MPP) peut, dorénavant, être déterminé automatiquement (Fig. 7).

En collaboration avec des partenaires suisses et étrangers, Enecolo s'est occupé de **méthodes d'évaluation de la production d'énergie des modules solaires** [28]. La matrice des performances d'un module sert de base (Fig. 8). Différentes méthodes expérimentales ont été comparées. Il s'est avéré que celle du PSI était particulièrement puissante; elle comprend la détermination de la puissance maximum au MPP et fait intervenir en outre 6 autres variables.

Dynatex a participé au projet **INVESTIRE** [29] de l'UE, qui s'est achevé pendant l'année sous revue. Il a regroupé 19 autres entreprises et 15 laboratoires de recherche, qui ont procédé à une évaluation à grande échelle des techniques de stockage applicables aux énergies renouvelables et, plus spécialement, aux installations photovoltaïques autonomes. L'analyse a porté sur 9 techniques de stockage au total, dont les principaux types de batteries (au plomb, au lithium, au nickel ainsi que du type métal-air) et un certain nombre de procédés moins courants comme les supercaps, le groupe "électrolyse/hydrogène/pile à combustible", le gyroscope, l'air comprimé et les systèmes redox. Un bilan comparatif des paramètres caractéristiques aussi bien techniques qu'économiques de ces procédés de stockage a pu être dressé. La vue d'ensemble qui en est résultée est unique en son genre. Elle montre qu'il est difficile de concurrencer, économiquement parlant, l'accumulateur au plomb dans les applications principales. Seul le recours à l'air comprimé est ici une alternative valable.

Solaronix participe au nouveau projet **EURO-PSB** [30] de l'UE, consacré au développement d'une pile solaire à polymère. Il s'agit d'une petite pile pour les applications mobiles, qui se recharge elle-même automatiquement (Fig. 9). L'appareil utilise une cellule solaire à polymère d'un nouveau genre (cellule organique) et une pile rechargeable à polymère.

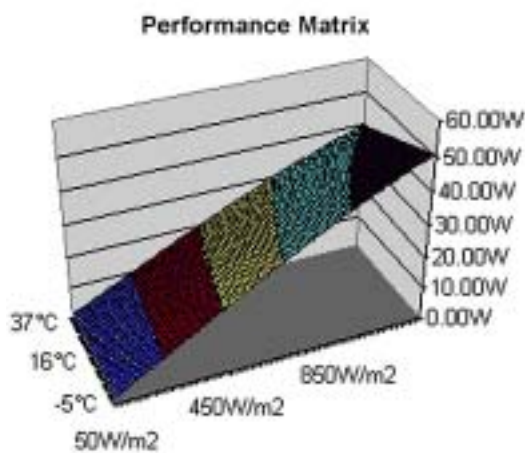


Figure 8: Matrice de performance (Performance Matrix) d'un module solaire (Photo: Enecolo)



Figure 9: Exemple d'une application de la pile solaire rechargeable à polymère (Photo: Varta)

ETUDES ET PROJETS COMPLEMENTAIRES

ESU-Services est l'un des partenaires du projet **ECLIPSE** [31] de l'UE, dans lequel des données cohérentes, transparentes et à jour sur l'écobilan des systèmes énergétiques européens actuels et futurs ont été préparées. Une adaptation aux conditions locales et aux développements techniques futurs doit être possible. Les données se rapportent aux nouvelles technologies décentralisées suivantes: photovoltaïque, énergie éolienne, centrales électriques utilisant la biomasse, installations décentralisées de couplage chaleur-force alimentées au gaz naturel ou à la biomasse, piles à combustible au gaz naturel, à l'hydrogène ou au biogaz. Pour le photovoltaïque, ce sont les données du projet „ecoinvent 2000” [93] qui ont été reprises.

Le LESO de l'EPF de Lausanne participe au nouveau projet européen **SUNtool** [32], du nom de l'outil de modélisation de l'environnement urbain développé dans ce cadre. Cet outil doit permettre de représenter un groupe de bâtiments voire un quartier entier (< 1 km²) avec ses flux d'énergie et de matériaux. Il est basé sur de nombreux modèles des différents aspects considérés séparément, qu'il réunit par le biais d'une interface graphique.

Enecolo participe au projet subséquent **PVSAT2** [33] de l'UE, qui a pour but de perfectionner la supervision des performances s'appuyant sur les satellites artificiels. On va utiliser des données plus précises fournies par les satellites et saisir de manière centralisée les données relatives à la productivité des installations. On va ainsi créer un système de supervision fiable et avantageux.

De son côté, le CUEPE de l'Université de Genève collabore au projet européen **Heliosat 3** [34] pour la détermination de l'énergie solaire rayonnée à partir de données fournies par le satellite MSG (*Meteosat second generation* <http://www.esa.int/msg/>). Ce nouveau satellite doit permettre d'obtenir des données de rayonnement plus précises.

L'Université de Zurich a collaboré au projet européen **MSG: Multi-user solar hybrid grids** [35] qui s'est achevé au cours de l'année sous revue. Cette institution s'est intéressée aux aspects sociologiques de l'électrification solaire de villages éloignés du réseau. Le comportement social des utilisateurs a été modélisé, avec une interaction avec le modèle technique. Un certain nombre de simulations de l'ensemble ont été effectuées avec le modèle complet.

COOPERATION INTERNATIONALE AIE, CEI, PV-GAP

La participation au programme Photovoltaïque de l'AIE (IEA PVPS) s'est poursuivie pendant l'exercice, sous le signe de la continuité tant au niveau des projets qu'à celui du Comité exécutif [94]. La Suisse a continué à exercer la présidence de cet organe mondial de coordination pendant l'année sous revue. Pour son 10^{ème} anniversaire, le programme a organisé, après la 3^{ème} conférence mondiale du photovoltaïque, à Osaka en mai dernier, une conférence internationale qui a rencontré le succès attendu [95]. L'IEA PVPS va poursuivre ses efforts, avec une stratégie qu'il vient de réviser. Pour des renseignements détaillés sur les activités et les résultats obtenus, le lecteur consultera le site Internet www.iea-pvps.org du programme.

Dans la Tâche 1 IEA PVPS, la Suisse est représentée par Nova Energie; cette Tâche est chargée des **activités générales d'information** [36]. Pendant l'exercice, un nouveau rapport national sur le photovoltaïque en Suisse jusqu'en 2002 a été préparé [96]. Il a servi de base à la huitième édition du rapport annuel international (Fig. 10) sur l'évolution des marchés du photovoltaïque dans les pays de l'AIE [97]. Ce rapport est souvent cité; il est devenu, dans les pays de l'AIE, une référence en ce qui concerne l'évolution et les tendances du marché du photovoltaïque. Par ailleurs, le bulletin *IEA PVPS-Newsletter* [98] donne périodiquement des renseignements sur les travaux du programme IEA PVPS et tout ce qui l'entoure.

C'est TNC qui fait office d'expert suisse dans la Tâche 2 sur les **expériences d'exploitation** [37]. La banque de données PVPS *Performance Database* [99] a été complétée; elle compte désormais 370 installations photovoltaïques de 13 pays, d'une puissance installée totale de 11.8 MW_c, avec plus de 11'000 mois de données d'exploitation. L'intérêt qu'elle suscite est considérable et plus de 1600 clients de 62 pays l'ont commandée à ce jour. Quelques domaines spécifiques sont analysés en profondeur à l'aide de la banque de données: les données de rayonnement, les performances, les effets d'ombrage et de température ainsi que la fiabilité des installations. Les résultats de ces analyses vont faire l'objet de rapports.

Dynatex participe aux travaux de la Tâche 3 sur les **installations non raccordées au réseau** [38]. L'amélioration de la qualité et de la fiabilité des installations photovoltaïques autonomes, de même que les questions techniques liées aux systèmes hybrides et aux batteries, constituent les activités principales de ce projet. L'année 2003 a vu la publication de rapports sur le contrôle des résultats (*monitoring*), la protection contre la foudre, la gestion de la qualité et la gestion des installations PV autonomes en fonction de la demande de courant électrique (*Demand Side Management*) [100-104].



Figure 10: IEA PVPS International Survey Report

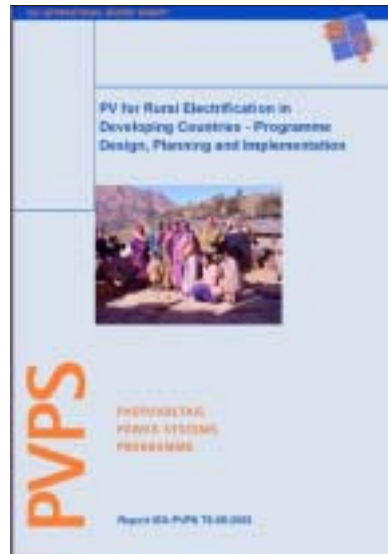


Figure 11: Le rapport IEA PVPS Task 9

A propos de la Tâche 5 IEA PVPS, achevée l'année précédente déjà, un dernier rapport a été publié, sur la typologie des onduleurs et les équipements de protection [105]. La collection des rapports de la Tâche 5, qui avait pour objet les aspects techniques du raccordement des installations photovoltaïques au réseau, est maintenant disponible sur CD-ROM [106].

Dans le cadre du projet *Drehscheibe Photovoltaik Entwicklungszusammenarbeit* (PV EZA) et avec le soutien du Secrétariat d'État à l'économie (*seco*), Entec assure la participation suisse à la Tâche 9 consacrée à la **coopération au développement dans le domaine du photovoltaïque** [39]. Dans ce projet, la Suisse est responsable de la coordination des travaux avec diverses organisations bilatérales et multilatérales. L'année sous revue a vu la parution de plusieurs nouveaux rapports (Fig. 11) sur les aspects non techniques des projets et des programmes [107-113].

Le travail au sein de la Tâche 9 IEA PVPS est complété par diverses activités de la plate-forme PV EZA, avec pour objectif de mettre davantage à contribution le savoir-faire et les produits suisses dans des projets internationaux. De même, on désire recourir plus fréquemment aux instruments mis à disposition par les organisations multilatérales, dont notamment le *FEM* (le Fonds pour l'environnement mondial). C'est pourquoi Enecolo s'engage dans un projet pilote en Malaisie, qui bénéficie du soutien de l'OFEFP [43]. Le projet *Drehscheibe PV EZA* s'est terminé en 2003; une plate-forme plus générale pour l'encouragement des énergies renouvelables dans le cadre de la coopération au développement va prendre la relève.

La société Alpha Real représente la Suisse au sein du Comité technique 82 du CEI, où elle préside le Groupe de travail chargé d'élaborer et d'adopter les **propositions de normes** internationales pour les systèmes photovoltaïques [78]. Alpha Real participe par ailleurs au *PV-GAP* (*PV Global Approval Program*), un programme mondial d'assurance qualité et de certification des systèmes photovoltaïques. Le projet européen Altener **Quality in the Photovoltaic Sector** [77] s'occupait d'un certain nombre d'aspects de la question ainsi que de formation; couronné de succès, il s'est achevé à l'automne 2003.

Le projet **PV-EC-NET** [40] de l'UE met en réseau les offices de coordination des programmes photovoltaïques nationaux de 14 pays (www.pv-ec.net). C'est dans ce cadre que différents workshops internationaux ont été organisés pendant l'année sous revue. Les idées à la base des programmes photovoltaïques en Europe ont été comparées entre elles; les résultats des analyses ont fait l'objet de rapports. Et finalement, un *plan de route* a été élaboré; il aborde des aspects qui deviendront importants pour les programmes de recherche, que ce soient les programmes nationaux ou ceux de l'UE.

PV-EC-NET s'inscrit dans le cadre de l'« espace européen de la recherche ». Il est complété dorénavant par le nouveau projet **PV-NAS-NET** [41] de l'UE, qui comprend des activités similaires à celles de PV-EC-NET et analyse notamment la situation du photovoltaïque dans les pays de l'Europe orientale (www.pv-nas.net). Globalement, les deux projets fournissent une excellente vue d'ensemble, qu'il s'agisse des différentes approches suivies et des activités en cours, ou des problèmes rencontrés et des possibilités d'amélioration.

3. Coopération nationale

Les projets et manifestations de l'année sous revue ont permis de continuer à affiner la coopération au niveau national entre les différents acteurs: les Hautes Ecoles universitaires, les Hautes Ecoles spécialisées, les instituts de recherche et l'économie privée. La collaboration avec des entreprises industrielles a pu être renforcée et l'intérêt pour le photovoltaïque ne faiblit pas, malgré la stagnation du marché suisse.

La Direction du programme a maintenu sa collaboration régulière avec de nombreux offices fédéraux ou cantonaux et avec les compagnies d'électricité. Relevons ici les échanges réguliers avec l'OFES, la CTI, le programme *TOP NANO 21*, l'OFEFP, la DDC et le seco, ainsi qu'avec l'AES, le PSEL et la Société Mont-Soleil. Grâce à ces contacts variés, le programme continue à bénéficier d'une assise large et solide, ce qui est important.

4. Coopération internationale

La coopération internationale – pour le programme Photovoltaïque une tradition – s'est poursuivie pendant l'année sous revue. La collaboration institutionnelle au sein de l'AIE, de la CEI et du PV-GAP a déjà été relevée ci-dessus. De nombreux projets, en cours ou nouveaux, ont aussi permis de poursuivre au sein de l'UE une collaboration dont l'efficacité n'est plus à démontrer: en 2003, on dénombrait 21 projets relevant de la *DG Research* et 3 de la *DG Transport & Energy* de l'UE. D'autres projets sont encore réalisés dans le cadre des programmes *Altener* et *IST* de l'UE. Les premières mises au concours du 6^e Programme-cadre ont permis aux représentants suisses de placer avec plus ou moins de succès un certain nombre de projets de recherche. La Suisse entretient des contacts réguliers avec les responsables des programmes des pays de l'UE, ainsi qu'avec les instances compétentes de la Commission européenne.

D'autres contacts ont été entretenus avec des organismes internationaux en rapport avec la coopération au développement (entre autres: Banque mondiale, FEM, IFC, UNDP, GTZ, KfW). De manière générale, on peut constater que la Suisse continue à se placer en bonne position dans l'environnement photovoltaïque international.

5. Projets pilotes et de démonstration

INTRODUCTION

Les projets P+D sont un lien irremplaçable entre la recherche et le développement, d'une part, et la mise en œuvre de leurs résultats, d'autre part, sous la forme de procédés industriels, de produits et d'installations. La proximité du marché et des applications est l'une des caractéristiques des projets P+D. L'un des principaux objectifs de ces projets est la mise en œuvre durable des solutions proposées. Ceci signifie notamment que les conditions nécessaires à une utilisation industrielle des connaissances acquises font l'objet d'une attention toute particulière, au moment de la réalisation des installations pilotes. Il s'agit donc d'encourager de nouveaux procédés et produits qui pourront être commercialisés par l'industrie et trouver un débouché sur le marché. Autre aspect important pour les

projets P+D: informer de manière complète et ciblée. Ces projets sont un instrument clé du transfert technologique vers les applications pratiques; c'est pourquoi il faut absolument communiquer leur caractère exemplaire au public intéressé.

Pour l'année 2003, on dénombre quelque 45 projets P+D en cours dans le domaine photovoltaïque, dans l'ensemble une légère progression. On peut y ajouter, comme d'habitude, quelques projets P+D qui se trouvaient au début de 2004 en phase finale de clarification, même si leur réalisation est remise en question par l'état actuel du budget des installations P+D photovoltaïques. Les activités P+D couvrent les domaines suivants: installations pilotes, études et outils d'aide à la conception, campagnes de mesures, développement de composants. Les essais pilotes grandeur nature de nouveaux composants sur des installations P+D ont conservé toute leur actualité et constituent sans conteste un point fort de l'année sous revue. La thématique des **installations photovoltaïques intégrées au bâtiment** continue à faire l'objet d'un grand nombre de projets.

APERÇU DE QUELQUES RESULTATS

Dans le domaine du photovoltaïque P+D, de nombreux projets se sont achevés après avoir rencontré un grand succès, comme ces dernières années.

D'une manière particulièrement exemplaire, la société Sputnik Engineering a pu, au sein du programme photovoltaïque de recherche et des installations P+D, mettre au point les bases nécessaires à la technologie des onduleurs, développer des prototypes et les tester en grandeur nature, tout cela en collaboration avec la HTI de Bienne. Les appareils SolarMax (Fig. 12) sont aujourd'hui bien implantés sur le marché européen. La production annuelle actuelle correspond à une puissance d'environ 40 MW_c, un chiffre qu'il faut comparer aux 1.7 MW_c installés annuellement en Suisse sur l'ensemble du marché. Sputnik et ses sous-traitants assurent ainsi une cinquantaine d'emplois, en Suisse et à l'étranger.

Autre nom sur la liste des projets à succès: le cadre SOLRIF pour l'intégration en toiture [87], développé conjointement par les entreprises Schweizer Metallbau et Enecolo au sein d'un projet PV P+D (Fig. 13). Depuis sa commercialisation en Europe, ce cadre a trouvé preneur dans des installations d'une puissance totale de 5 MW_c environ.



Figure 12: Solarmax 2000 / 3000
(Photo: Sputnik Engineering)



Figure 13: La maison solaire Erni, avec le système SOLRIF d'intégration en toiture (Photo: Enecolo)

Régulièrement, des prix sont attribués à des projets PV P+D suisses, ce qui témoigne de leur qualité. A titre d'exemples, mentionnons ici le toit photovoltaïque de l'immeuble locatif Florency à Lausanne, réalisé avec le système SOLRIF (Fig. 14, Prix solaire suisse 2003), l'immeuble Sunny Woods à Zurich, habité par 6 familles [49] (Fig. 15, Prix solaires suisse et européen 2002), le terminal Dock Midfield de l'Aéroport de Zurich-Kloten [62] (Fig. 16) et le Parking de l'Etoile à Genève [86] (Fig. 17, tous deux Prix solaire suisse 2002).

Ces exemples soulignent le caractère novateur de ces projets et de ces produits suisses qui font régulièrement école au delà de nos frontières. Ces innovations technologiques créent souvent implicitement de nouvelles références en matière de développement.



Figure 14: Système SOLRIF d'intégration en toiture, immeuble Florency, à Lausanne (Photo: NET)



Figure 15: Intégration en toiture, immeuble Sunny Woods, à Zurich, puissance installée 16 kW_c (Photo: Architekturbüro Beat Kämpfen)



Figure 16: Installation PV d'ombrage du Dock Midfield, à l'Aéroport de Zurich-Kloten (Photo: unique / Ralph Bensberg)



Figure 17: Intégration en toiture du Parking de l'Etoile, à Genève (Photo: Sunwatt Bio Energie)

Actuellement, plusieurs projets PV P+D concernent les possibilités d'utilisation et d'application de diverses techniques de cellules en couches minces. Il s'agit, d'une part, de campagnes de mesures détaillées pour l'étude du comportement des nouveaux modules pendant l'exploitation et, d'autre part, de plusieurs projets testant les possibilités d'intégration au bâtiment entrant en ligne de compte pour ce type de cellules. Les observations faites jusqu'ici confirment que quelques produits comportant des cellules en couches minces conviennent bien à l'intégration directe à des toitures ou à des façades isolées thermiquement, sans ventilation des modules par l'arrière. C'est un aspect intéressant qui ouvre la voie à de nouveaux développements susceptibles de réduire le coût de ce type d'intégration au bâtiment.

PROJETS P+D

Nouveaux projets P+D

Pendant l'année 2003 sous revue, 13 nouveaux projets ont été lancés par le programme PV P+D. Conformément au plan directeur national 2000 – 2003 du photovoltaïque, la plupart de ces projets sont consacrés à des installations PV dans l'environnement construit. Cette année, les équipements PV installés sur des toitures plates occupent une place plus importante par rapport aux autres types d'installations que les années précédentes. Une variante réalisée pour la première fois en Suisse a été mise en service en décembre 2003 à Trevano sur une toiture plate [50] (Fig. 18). Il s'agit de la combinaison d'une membrane souple de matière plastique et de modules à cellules amorphes en couches minces. Deux nouveaux concepts d'installations autonomes hybrides sont apparus en phase pilote: le PV combiné à des piles à combustible [57] et le PV combiné à une centrale de couplage chaleur-force (CCF) modulaire [89]. Vu l'évolution technologique rapide, il s'est avéré urgent et nécessaire d'adapter les prescriptions suisses applicables aux installations de production d'énergie photovoltaïque et de les remplacer, dans les normes nationales d'installation NIBT [73], par les directives récentes du CEI.

Les projets lancés en 2003 comprennent (dans l'ordre chronologique):

Développement de composants

- ↓ Nouveau système PV pour modules à cellules en couches minces à monter en façade (développement d'un système universel pour modules à cellules en couches minces, à monter en façade avec ou sans isolation thermique; direction: Zagsolar / Wyss Aluhit) [44]

Installations

- ↓ Intégration en toiture plate CPT Solar de 15.4 kW_c (essai pilote d'une combinaison nouvellement développée de modules à cellules amorphes en couches minces et d'un film étanche de matière plastique; direction: LEEE-TISO) [50], Figure 18
- ↓ Installation PV de 23.5 kW_c de la Douane de Kreuzlingen (installation de démonstration en toiture plate, avec stand de démonstration et grand panneau d'affichage, située à un emplacement très fréquenté; direction: Böhni Energie und Umwelt) [88]
- ↓ Installation PV autonome de 5.7 kW_c, combinée à une centrale CCF modulaire (alimentation autonome en énergie thermique et électrique, en toutes saisons, de deux maisons jurassiennes par des panneaux photovoltaïques, une centrale CCF modulaire, des capteurs solaires et du bois; direction: Muntwyler Energietechnik) [89]
- ↓ Installation de 16.3 kW_c de l'EPFZ en toiture plate, avec des modules à cellules en couches minces (installation peu visible en toiture plate, à cellules amorphes; direction: Zagsolar) [51]
- ↓ Installation de 62 kW_c en toiture plate, avec dalles solaires PowerGuard de toiture (installation PV multifonctionnelle en toiture plate, assurant aussi l'isolation thermique de cette dernière, les éléments isolants thermiques servant en même temps de supports aux modules; direction: Zagsolar) [52]
- ↓ Installation pilote Solight de 12 kW_c (mise en œuvre pilote de deux variantes Solight différentes sur la toiture plate de la station de Stettbach du RER zurichois; direction: Energiebüro) [53]
- ↓ Intégration photovoltaïque en toiture, de 15 kW_c, du Foyer Weiermatt des éclairieurs à Köniz (BE) (système MegaSlate® de toiture solaire photovoltaïque intégrale du Foyer Weiermatt des éclairieurs, réhabilité énergétiquement; direction: 3S - Swiss Sustainable Systems) [46], Figure 19

- ↓ Petites alimentations électriques autonomes à panneaux solaires et piles à combustible (exploitation pilote de petits systèmes PV autonomes, complétés par des piles à combustible, pour l'alimentation en autarcie des équipements de mesurage éloignés de tout réseau; direction: Muntwyler Energietechnik) [57]



Figure 18: Montage de l'installation CPT Solar à Trevano (TI)
(Photo: LEE-TISO)



Figure 19: Intégration en toiture du Foyer Weiermat des éclaireurs, à Köniz (BE)
(Photo: NET)

Campagnes de mesures

- ↓ Campagne de mesures Soyhières (mesures détaillées et analyse des performances de l'installation PV de 3 kW_c intégrée en toiture à Soyhières (JU); direction: SGI / Solstis) [66], Figure 20
- ↓ Campagne de mesures Wittigkofen (mesures détaillées et analyse, avec affichage des données, de l'installation de 80 kW_c de Berne-Wittigkofen montée en façade; direction: Bureau d'ingénieurs Hostettler) [67], Figure 21



Figure 20: Installation PV autonome de 3 kW_c intégrée en toiture à Soyhières (JU) (Photo: NET)



Figure 21: Façade de 80 kW_c à Berne-Wittigkofen (Photo: NET)

Etudes – Outils d'aide à la conception – Projets divers

- ↓ Intégration, aux normes nationales d'installation NIBT, de la nouvelle norme CEI 60364-7-712 applicable au photovoltaïque (mise à jour et remplacement de normes PV dépassées; direction: Electrosuisse) [73]
- ↓ GISS *Gebäude-Integrierte-Solarstrom-Systeme* (étude en vue d'une meilleure mise en œuvre des systèmes de production solaire d'électricité intégrés au bâtiment, par l'élimination d'obstacles, une meilleure information et l'amélioration des compétences professionnelles chez les concepteurs-projeteurs, les investisseurs et les maîtres d'ouvrage; direction: CSFF Centrale Suisse Fenêtres et Façades) [74]

Projets P+D en cours

Au chapitre des projets en cours, les premiers résultats des mesures du projet *PV-DünnFilmTest* à Zurich sont particulièrement intéressants pour l'intégration au bâtiment des modules à cellules en couches minces. Même s'il est encore trop tôt pour tirer des conclusions définitives, une partie au moins des modules testés semblent bien convenir à l'intégration directe au bâtiment, sans ventilation par l'arrière ou avec une isolation thermique [68] (Fig. 22).

L'installation PV pare-soleil de 3.9 kW_c à cellules CIS, intégrée au bâtiment de la société Würth à Coire, est intéressante au plan de l'esthétique. Les mesures faites depuis le début de 2003 confirment par ailleurs la production d'énergie prévue, soit plus de 1100 kWh/kW_c [58] (Fig. 23).

L'installation de 70 kW_c sur le toit de Palexpo surprend par son intégration discrète et l'apparence uniforme (en ce qui concerne la couleur) des cellules polycristallines. Comme pour les autres installations de construction récente, la production d'énergie est bonne: environ 1000 kWh/kW_c [55] (Fig. 24).

L'intégration en toiture de 5.5 kW_c avec le système Freestyle®, à Lutry près de Lausanne, convient bien au concept architectural moderne du bâtiment. L'installation est répartie sur 4 surfaces de toiture et injecte dans le réseau l'électricité produite, par l'intermédiaire d'un onduleur du type Sunny Boy Multistring. La couleur de la ferblanterie a été adaptée à celle des modules, de manière à donner aux toits une apparence uniforme [47] (Fig. 25).

Les deux installations intégrées aux façades des stations inférieure et supérieure du dernier tronçon du téléphérique du Piz Nair confèrent aux deux bâtiments un aspect particulier, de par les jeux de lumière des cellules polycristallines scintillantes [59] (Fig. 26). Leur puissance est de 13.5 kW_c et de 9.7 kW_c, respectivement.



Figure 22: *PV-DünnFilmTest* à Zurich
(Photo: NET)



Figure 23: Installation photovoltaïque pare-soleil Würth, à Coire, vue de l'intérieur du bâtiment
(Photo: NET)



Figure 24: Installation de 70 kW_c sur le toit plat de Palexpo, à Genève (Photo: NET)



Figure 25: Intégration en toiture, système Freestyle®, à Lutry (VD) (Photo: Solstis)

Les projets P+D en cours comprennent (dans l'ordre chronologique):

Développement de composants

- ↓ Toiture photovoltaïque Alpur (toiture photovoltaïque à isolation thermique; intégration au bâtiment; direction: Zagsolar) [45]

Installations

- ↓ Installation AluStand de 27 kW_c à Hünenberg (ZG) (installation de démonstration de la variante pour toiture plate du système de fixation des modules AluTec (AluStand); direction: Urs Bühler Energy Systems and Engineering) [54]
- ↓ Installation photovoltaïque pare-soleil de 3.9 kW_c à modules CIS (utilisation expérimentale de modules à cellules CIS multifonctionnels semi-transparents, servant en même temps de pare-soleil dans un atrium; direction: Enecolo) [58], Figure 23
- ↓ Installation de 70 kW_c sur le toit de Palexpo à Genève (installation en toiture, raccordée au réseau, située en un lieu très fréquenté, combinée avec 2 stations de recharge pour véhicules électriques; direction: SSES - Société suisse pour l'énergie solaire) [55], Figure 24
- ↓ Intégration en toiture de 5.5 kW_c avec le système Freestyle™, à Lutry (toiture entièrement photovoltaïque comportant des cellules amorphes triples, installation pilote, intégration au bâtiment; direction: Solstis) [47], Figure 25
- ↓ Installation photovoltaïque des remontées mécaniques Corviglia-Piz Nair à St-Moritz (réalisation d'une installation de 17.8 kW_c le long de la voie ferrée du Corviglia ainsi que d'une seconde de 9.7 kW_c et d'une troisième de 13.5 kW_c, toutes deux intégrées respectivement à la façade de la station inférieure et à celle de la station supérieure du téléphérique du Piz Nair; direction: Sun-Technics Fabrisolar) [59], Figure 26
- ↓ Photovoltaik Obelisk (réalisation pilote de colonnes d'information d'un design moderne, pour l'espace public, alimentées en énergie par des installations PV autonomes intégrées; direction: Enecolo) [60], Figure 27

- ↓ Centrale Solgreen 1 de 25 kW_c intégrée à une toiture-jardin, à Zurich (utilisation expérimentale d'un support de module nouvellement développé pour les toitures-jardins; Enecolo) [56], Figure 28
- ↓ Installation de 3 kW_c de la ferme des Amburnex (installation autonome mobile avec générateur diesel d'appoint, pour l'approvisionnement en électricité d'un alpage; direction: Services Industriels de Lausanne) [64]
- ↓ RESURGENCE - *Renewable Energy Systems for Urban Regeneration in Cities of Europe* (réalisation d'installation PV d'une puissance totale de 1.3 MW_c en zone urbaine dans 5 pays d'Europe: Angleterre, Pays-Bas, Danemark, Allemagne et Suisse, projet de l'UE; direction de la participation suisse: Enecolo) [65]

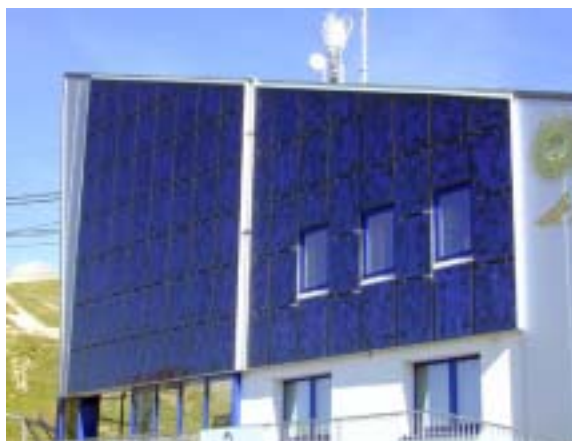


Figure 26: Installation en façade de 9.7 kW_c de la station inférieure du téléphérique du Piz Nair (Photo: NET)



Figure 27: Installation photovoltaïque autonome Obelisk, à Zurich (Photo: Enecolo)

Campagne de mesures

- ↓ PV-DünnFilmTest Migros Zurich (comparaison directe de 18 installations PV expérimentales comportant des modules à cellules en couches minces, puissance installée totale 24.5 kW_c; direction: Energiebüro) [68], Figure 22
- ↓ Monitoraggio dell'impianto PV da 100 kW_c AET III (campagne de mesures détaillées sur l'installation PV révisée située en bordure de la voie ferrée CFF Bellinzona-Locarno; direction: LEEE-TISO) [69]
- ↓ Installation IBM de 47 kW_c (campagne de mesures détaillée sur des modules à revêtement de surface anti-salissant, installation sur toit plat; direction: awtec, Zurich) [71], Figure 29
- ↓ Campagne de mesures sur l'installation de 100 kW_c de l'A13 (direction: TNC Consulting) [72]



Figure 28: Centrale Solgreen 1 intégrée à une toiture-jardin, à Zurich (Photo: NET)



Figure 29: Installation IBM de 47 kW_c en toiture plate, à Zurich (Photo: NET)

Etudes – Outils d’aide à la conception – Projets divers

- ↓ Solar *Electri* City Guide – Guide suisse de l’électricité solaire à l’intention des communes (direction: NET) [75]
- ↓ Normalisation pour les systèmes PV (direction: Alpha Real) [78]
- ↓ Site Internet du photovoltaïque suisse www.photovoltaic.ch (réalisation d’un site Internet d’envergure avec de nombreuses informations sur les activités nationales et internationales en matière d’énergie photovoltaïque; direction: NET) [A]
- ↓ Statistique photovoltaïque suisse 2002 (direction: Energiebüro) [B]
- ↓ L’électricité solaire des compagnies d’électricité (direction: Linder Kommunikation) [C]

Projets achevés en 2003

Les projets suivants ont été achevés en 2003 (dans l’ordre chronologique):

Développement de composants

- ↓ Surveillance avantageuse d’une installation photovoltaïque (développement d’une unité de surveillance simple et avantageuse pour installations solaires, à transmission de données sans fil; direction: NewLink Anderegg) [83], Figure 30

Installations

- ↓ Intégration PV en toiture à Wettingen, de 12,75 kW_c (intégration PV harmonieuse en toiture, dans la zone protégée du centre de Wettingen; recherche de solutions aussi avantageuses que possible à l’aide de composants standard; direction: P.P. Stöckli et H.-D. Koepfel, co-propriétaires, et Energiebüro) [48], Figure 31
- ↓ Intégration en toiture Sunny Woods de 16 kW_c (installation pilote PV intégrée en toiture, à cellules amorphes triples, dans un immeuble à appartements répondant au standard de la « maison passive »; direction: bureau d’architecture Kämpfen, et Naef Energietechnik) [49], Figure 15
- ↓ 10 mini-systèmes PV intégrés en toiture (petite installation PV intégrée de 240 W_c, le plus souvent combinée avec une installation thermique, intégration au bâtiment; direction: Ernst Schweizer Metallbau) [79]

- ↓ "Euro-toiture" PV de 3 kW_c au silicium amorphe (toiture PV isolée thermiquement à pièces métalliques emboîtées et à cellules amorphes triples, intégration au bâtiment; direction: PAMAG Engineering) [80], Figure 32
- ↓ Installation Solgreen de 10 kW_c intégrée à une toiture-jardin (nouvelle structure porteuse pour toiture-jardin, intégration en toiture plate; direction: ars solaris hächler) [81], Figure 33
- ↓ Installation PV de l'A1 à Safenwil (AG), de 75 kW_c, montée sur les parois anti-bruit de l'autoroute (combinaison du PV et de parois anti-bruit en bois, de conception modulaire sur la base d'éléments en partie préfabriqués; direction: Ekotech) [82], Figure 34
- ↓ Installation photovoltaïque de 16.8 kW_c à modules CIS à St-Moritz (utilisation expérimentale de modules à cellules CIS dans une installation de cette taille, campagne de mesures détaillées; direction de la partie Installation du projet: Rätia Energie; direction de la partie Mesures: SUPSI, LEEETISO) [61], Figure 35
- ↓ Installations photovoltaïques de 283 kW_c du Dock Midfield de l'Aéroport de Zurich, dont 55 kW_c au titre d'installation PV de démonstration (intégration multifonctionnelle du photovoltaïque au bâtiment, avec fonction d'ombrage et exigences particulières de stabilité mécanique des modules; direction: ARGE Zayetta) [62], Figure 16
- ↓ Bateau de passagers à propulsion électrique assistée PV (catamaran d'une capacité de 150 passagers, avec une installation autonome de 20 kW_c pour l'alimentation de la propulsion électrique; direction: Minder Energy Consulting) [63], Figure 36
- ↓ Héliotrope, 3 installations PV de 2 kW_c au Locle (comparaison directe d'installations identiques, au type de montage près (intégré au bâtiment, indépendant fixe ou à système de poursuite du soleil; direction: EIAJ, Le Locle) [84]
- ↓ Photocampa: installations PV pare-soleil multifonctionnelles (Parking de l'Étoile, École de cirque, École de Lullier, Dock Midfield de l'Aéroport de Zurich, projet de l'UE; direction: Windwatt) [86], Figure 17

Campagnes de mesures

- ↓ Newtech, comparaison de trois installations de 1 kW_c (comparaison directe de trois installations équipées de cellules en couches minces de types différents – cellules tandems amorphes, cellules amorphes triples, cellules CIS; direction: HTI de Berthoud) [70], Figure 37



Figure 30: SMS Box NewLink
(Photo: NewLink)



Figure 31: Intégration en toiture à Wettingen, de 12.75 kW_c (Photo: NET)



Figure 32: „Euro-toiture“ PV de 3 kW_c au silicium amorphe (Photo: NET)



Figure 33: Installation Solgreen de 10 kW_c intégrée à une toiture-jardin, à Coire (Photo: NET)



Figure 34: Installation de 75 kW_c de l'A1 à Safenwil (AG), montée sur des parois anti-bruit (Photo: OFEN)



Figure 35: Installation de 16.8 kW_c à modules CIS, à St-Moritz (Photo: NET)



Figure 36: Le catamaran solaire Mobicat à (Photo: NET)



Figure 37: Installation d'essai Newtech, de 3x1 kW_c, Berthoud (BE) (Photo: NET)

Etudes – Outils d'aide à la conception – Projets divers

- ↓ Intégration de capteurs solaires hybrides thermique/PV aux systèmes pour le bâtiment (direction: S. Kropf, EPF Zurich) [85]
- ↓ *REMAC Renewable Energy Market Accelerator* (mesures d'accélération du marché dans le domaine de l'électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelables; direction de la participation suisse: NET) [76]
- ↓ *Quality is the Key of the PV Market - accreditation / certification* (élaboration de programmes pour l'assurance qualité dans le domaine du photovoltaïque; voir aussi la normalisation [78], projet Al-tener de l'UE; direction: Alpha Real) [77]

6. Evaluation 2003 et perspectives 2004

A l'échelle du globe, le marché du photovoltaïque est en plein boom, avec des taux de croissance de 30 à 40%, sous l'impulsion de programmes promotionnels de grande envergure et de réglementations favorables introduites par certains pays pour l'injection d'électricité solaire dans le réseau public. En Suisse par contre, le marché du photovoltaïque n'a pas bénéficié de telles faveurs, en 2003 non plus; s'il a pu se maintenir à l'ordre de grandeur des années antérieures, c'est grâce aux bourses d'électricité solaire. Les cantons et les communes jouissant d'une autonomie de décision en la matière, des différences régionales très marquées sont apparues dans notre pays, ce qui est regrettable. Les données nationales collectées par IEA PVPS montrent que la Suisse rétrograde dans le classement des nations, par rapport aux marchés les plus importants actuellement que sont l'Allemagne et le Japon, mais que, par ailleurs, sa position est honorable en regard de beaucoup d'autres pays. A la 3^e Conférence mondiale du photovoltaïque, en mai à Osaka, la Suisse était bien représentée par ses contributions et s'est même vu décerner deux distinctions [114].

Pendant l'année sous revue, l'un des objets les plus discutés a été l'avenir de SuisseEnergie; tous les intervenants ont fait part de leur profonde préoccupation. Les réductions budgétaires décidées entre-temps touchent pour l'instant les projets P+D. Elles ont aussi des effets importants sur la concrétisation du programme Photovoltaïque et les possibilités de mise en œuvre qui lui restent. Cette évolution est très regrettable, car elle affaiblit un maillon essentiel de la chaîne qui conduit de la recherche et du développement aux produits et procédés industriels, donc à la commercialisation. Ce serait une criante contradiction que de menacer, au sein du programme Photovoltaïque, la mise en œuvre renforcée qui se dessine actuellement, après avoir financé la longue phase de recherche de ces dernières années.

Les projets P+D sont un lien indispensable entre recherche et développement, d'une part, et la mise en œuvre industrielle des résultats par des procédés, des produits et des installations, d'autre part. Les projets P+D sont proches des applications et du marché. Ils ont notamment pour but de mettre en œuvre de manière durable les solutions proposées. Cela ne signifie pas seulement que des installations pilotes sont construites. Les conditions nécessaires à une utilisation industrielle des connaissances acquises y reçoivent un poids tout particulier. En conséquence, les procédés et produits bénéficiant des moyens promotionnels sont sélectionnés en fonction de leur commercialisation future par l'industrie.

Grâce à l'assise élargie dont bénéficie le programme Photovoltaïque, le nombre des projets et les moyens mis à sa disposition par les pouvoirs publics ont pu être maintenus à leur niveau antérieur, malgré la précarité de la situation financière. Y ont contribué les projets européens encouragés par l'Office fédéral de l'éducation et de la science (OFES) ainsi que la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI). Ceci n'aurait toutefois pas été possible sans l'excellente mise en réseau du programme et de ses intervenants, nationaux et internationaux, qui continue à retenir toute notre attention. Il est essentiel que nous puissions continuer à trouver pour les projets P+D les moyens financiers de remplacement nécessaires.

L'échange d'informations reste un thème central. Le site Internet du photovoltaïque www.photovoltaiic.ch est pleinement opérationnel en allemand depuis l'automne 2003. Une version anglaise et une version française sont en préparation. En 2004, la plus importante manifestation

nationale, le 5^e Symposium photovoltaïque national, se tiendra à l'EPFZ les 25 et 26 mars. La seconde journée sera entièrement consacrée à l'intégration du photovoltaïque au bâtiment. Signalons enfin la 19^e Conférence photovoltaïque européenne du 7 au 11 juin 2004 à Paris et le 19^e Symposium de l'énergie solaire photovoltaïque du 10 au 12 mars 2004 à Staffelstein (D).

7. Liste des projets de recherche

(RA) Rapport annuel 2003 disponible

(RF) Rapport final disponible

ENET: Numéro de commande du rapport

Les rapports annuels peuvent être téléchargés un à un à l'adresse www.photovoltaiic.ch.

Les rapports finaux peuvent être téléchargés à la même adresse www.photovoltaiic.ch ou commandés auprès d'ENET.

De plus amples renseignements sont disponibles aux adresses Internet indiquées ci-après.

- [1] A. Shah, L. Feitknecht, (arvind.shah@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel: Thin film silicon solar modules: Contributions to low cost industrial production* (RA) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [2] N. Wyrsh, I. Schönbächler, (nicolas.wyrsh@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel: DOIT - Development of an Optimized Integrated Thin-film silicon solar module* (RA) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [3] Ch. Hollenstein, (christophe.hollenstein@epfl.ch), CRPP / EPFL, *Lausanne: Large area and high-throughput coating system (PECVD) for silicon thin-film solar cells* (RA) / http://crppwww.epfl.ch/crpp_proc.htm
- [4] D. Fischer, H. Keppner, (diego.fischer@flexcell.ch), VHF-TECHNOLOGIES, *Le Locle: Aufrauen von Polymersubstraten Gezieltes Aufrauen von Plastikfolien für ein effizientes Light Trapping in amorphen Solarzellen* (RA, RF, ENET 230106) / <http://www.flexcell.ch>
- [5] H. Keppner, O. Banakh, EIAJ (ECOLE D'INGÉNIEURS DE L'ARC JURASSIEN), *Le Locle: Generation of random nano-patterns in polymer surfaces due to replication of nano-crystal grain boundaries* (RA) / <http://www.eiaj.ch>
- [6] Diego Fischer, Alexandre Closset, *Étude et amélioration de la fiabilité des cellules solaires sur substrats polymers* (RA) / <http://www.flexcell.ch>
- [7] A. Müller, (amueller@hct.ch), HCT SHAPING SYSTEMS, *Cheseaux-sur-Lausanne: RE-Si-CLE: Recycling of Silicon Rejects from PV Production Cycle* / <http://www.hct.ch/>
- [8] A.N. Tiwari, A. Romeo, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, *Zürich: PROCIS: Production of large area CIS modules* (RA) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [9] A.N. Tiwari, D. Abou-Ras, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, *Zürich: NEBULES: New buffer layers for efficient chalcopyrite solar cells* (RA) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [10] A.N. Tiwari, D. Rudmann, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, *Zürich: METAFLEX: Towards the roll-to-roll manufacturing of cost effective CIS modules-intermediate Steps* (RA) / <http://www.tfp.ethz.ch/>

- [11] A.N. Tiwari, M. Kaelin, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, Zürich: **Nanomaterials for high efficiency and low cost Cu(In,Ga)Se₂ thin film solar cells** (RA) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [12] M. Grätzel, A. McEvoy, (michael.graetzel@epfl.ch), ICMB / EPFL, Lausanne: **Dye sensitised Nanocrystalline Solar Cells** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [13] M. Grätzel, A. McEvoy, (michael.graetzel@epfl.ch), ICMB / EPFL, Lausanne: **Highly Efficient Nanocrystalline Solar Cells for Indoor Applications - TOP NANO 21** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [14] M. Grätzel, R. Thampi (michael.graetzel@epfl.ch), ICMB / EPFL, Lausanne: **Flexible dye solar cells** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [15] M. Grätzel, R. Thampi, (michael.graetzel@epfl.ch), ICMB / EPFL, Lausanne: **NANOMAX - dye-sensitised nanocrystalline solar cells having maximum performance** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [16] G. Calzaferri, A. Currao, (gion.calzaferri@iac.unibe.ch), UNI, Bern: **Photochemische, Photoelektrochemische und Photovoltaische Umwandlung und Speicherung von Sonnenenergie** (RA) / <http://www.dcb.unibe.ch/groups/calzaferri/>
- [17] D. Fischer, H. Keppner, (diego.fischer@flexcell.ch), VHF-TECHNOLOGIES, Le Locle: **Photoactive Composite Module** (RA) / <http://www.flexcell.ch>
- [18] T. Szacsavay, Christoph Schilter, cs@3-s.ch, 3S, Bern: **Photovoltaic Modules with Antireflective Glass** (RA) / <http://www.3-s.ch/>
- [19] T. Szacsavay, P. Hofer-Noser, sz@3-s.ch, 3S, Bern: **HIPERB High Performance Photovoltaics in Buildings** (RA) / <http://www.3-s.ch/>
- [20] T. Szacsavay, P. Hofer, (sz@3-s.ch), 3S, Bern: **AFRODITE Advanced Façade and Roof Elements Key to Large Scale Building Integration of Photovoltaic Energy** (RA) / <http://www.3-s.ch/>
- [21] M. Kurth, (info@Kurth-Glas.ch), KURTH GLAS & SPIEGEL, Zuchwil: **ADVANTAGE Advances next generation rear contact module technology for building** (RA) / <http://www.kurth-glas.ch>
- [22] Ch. Roecker, (christian.roecker@epfl.ch), LESO / EPFL, Lausanne: **Exploitation Demosite 2003-2004** (RA) / <http://www.demosite.ch>
- [23] D. Chianese, G. Friesen, (domenico.chianese@supsi.ch), LEEE, SUPSI - DCT, Canobbio: **Qualità e resa energetica di moduli ed impianti PV TISO - periodo VI: 2000-2003** (RA, RF, ENET 240013) / <http://www.lee.ee.supsi.ch>
- [24] A. Realini, E. Burà, (antonella.realini@supsi.ch), LEEE, SUPSI - DCT, Canobbio: **Mean Time Before Failure of Photovoltaic modules (MTBF-PVm)** (RA) / <http://www.lee.ee.supsi.ch>
- [25] G. Friesen, (gabi.friesen@supsi.ch), LEEE, SUPSI - DCT, Canobbio: **PV Enlargement** (RA) / <http://www.lee.ee.supsi.ch>
- [26] H. Häberlin, C. Renken, (heinrich.haeberlin@hti.bfh.ch), HTI, Burgdorf: **Langzeitverhalten von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen 2 (LZPV2)** (RA, RF, ENET 230256-230259) / <http://www.pvtest.ch>

- [27] H. Häberlin, (heinrich.haeberlin@hti.bfh.ch), HTI, Burgdorf: **Photovoltaik-Systemtechnik 2003-2004 (PVSYTE)** (RA) / <http://www.pvtest.ch>
- [28] R. Kröni, S. Stettler, (robert.kroeni@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **Energy Rating of Solar Modules** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [29] M. Villos, (mvillos@dynatex.ch), DYNATEX, Morges: **INVESTIRE - Investigation on Storage Technologies for Intermittent Renewable Energies** (RA) / <http://www.dynatex.ch>
- [30] A. Meyer, T. Meyer (andreas@solaronix.com), SOLARONIX, Aubonne: **The European Polymer Solar Battery EURO-PSB** (RA) / <http://www.solaronix.com>
- [31] R. Frischknecht, (frischknecht@esu-services.ch), ESU-SERVICES, Uster: **ECLIPSE: Environmental and ecological life cycle inventories for present and future power systems in Europe** (RA) / <http://www.esu-services.ch>
- [32] N. Morel, (nicolas.morel@epfl.ch), LESO-PB/EPFL, Lausanne: **SUNtool A Sustainable Urban Neighborhood Modelling Tool** (RA) / <http://lesomail.epfl.ch>
- [33] P. Toggweiler, S. Stettler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **PVSAT2 - Intelligent Performance Check of PV System Operation Based on Satellite Data** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [34] P. Ineichen, (pierre.ineichen@cuepe.unige.ch), CUEPE, Genève: **Energy specific Solar Radiation Data from Meteosat Second Generation: The Heliosat-3 project** (RA) / <http://www.unige.ch/cuepe>
- [35] H.-J. Mosler, W. Brucks (mosler@eawag.ch), UNIVERSITÄT, Zürich: **MSG: Combined project on multi-user solar hybrid grids** (RA)
- [36] P. Hüsler, (pius.huessler@novaenergie.ch), NOVA ENERGIE, Aarau: **Schweizer Beitrag zum IEA PVPS Programm, Task 1** (RA) / <http://www.novaenergie.ch/>
- [37] Th. Nordmann, (nordmann@tnc.ch), TNC CONSULTING, Erlenbach: **IEA PVPS Programm, Task 2 (Schweizer Beitrag 2003)** (RA) / <http://www.tnc.ch>
- [38] M. Villos, (mvillos@dynatex.ch), DYNATEX, Morges: **IEA PVPS Task 3 Use of photovoltaic systems in stand-alone and island applications** (RA) / <http://www.dynatex.ch>
- [39] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen: **Swiss Platform PV Development Cooperation and Contribution to IEA PVPS Task 9** (RA) / <http://www.netenergy.ch>
- [40] S. Nowak, M. Gutschner, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen: **PV-EC-NET Network for Co-ordination of European and National RTD Programmes on Photovoltaic Solar Energy** (RA) / <http://www.netenergy.ch>
- [41] S. Nowak, M. Gutschner, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen: **PV-NAS-NET Co-ordination of Newly Associated States and EU RTD Programmes on Photovoltaic Solar Energy** (RA) / <http://www.netenergy.ch>
- [42] W. Lohwasser, (Wolfgang.Lohwasser@alcan.com), ALCAN PACKAGING SERVICES, Neuhausen: **HIPROLOCO High PROductivity and LOW COst for the encapsulation of thin film solar cells** / http://www.alcanpackaging.com/about/eng/about_rd.php
- [43] D. Ruoss, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **MBIPV Malaysia Building Integrated Photovoltaic** / <http://www.solarstrom.ch>

8. Liste des Projets P+D

(RA) Rapport annuel 2003 disponible

(RF) Rapport final disponible

ENET: Numéro de commande du rapport

Les rapports annuels peuvent être téléchargés un à un à l'adresse www.photovoltaiic.ch.

Les rapports finaux peuvent être téléchargés à la même adresse www.photovoltaiic.ch ou commandés auprès d'ENET.

De plus amples renseignements sont disponibles aux adresses Internet indiquées ci-après.

- [44] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, *Kriens*: **Photovoltaic- Facade Mounting System for Thin-Film-Modules** (RA) / <http://www.zagsolar.ch/>
- [45] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, *Kriens*: **Photovoltaic-Alpur-Roof - New Roofing System for Photovoltaic Modules** (RA) / <http://www.zagsolar.ch/>
- [46] T. Szacsavay, (sz@3-s.ch), SWISS SUSTAINABLE SYSTEMS 3S, *Bern*: **Roof Integrated PV-System Scout House Weiermatt, Köniz** (RA) / <http://www.3-s.ch/>
- [47] P. Affolter, (pascal.affolter@solstis.ch), SOLSTIS, *Lausanne*: **Toiture photovoltaïque Freestyle® de 5.5 kWp** (RA) / <http://www.solstis.ch/>
- [48] H.-D. Koepfel, (hans-dietmar.koepfel@skk.ch), EIGENTÜMERGEMEINSCHAFT P.P. STÖCKLI & H.-D. KOEPPEL, *Wettingen*: **12.75 kWp PV Dachintegration Dorfkernzone Wettingen** (RA, RF)
- [49] R. Naef, (naef@igjzh.com), NAEF ENERGIETECHNIK, *Zürich* / B. Kämpfen, (info@kaempfen.com), BÜRO FÜR ARCHITEKTUR KÄMPFEN, *Zürich*: **Sunny Woods - Photovoltaik-Anlage in Blechdach integriert** (RA, RF) / <http://www.kaempfen.com/>
- [50] D. Chianese, (domenico.chianese@supsi.ch), TISO, *Canobbio*: **Integration en toiture plate CPT Solar**, (RA) / <http://www.lee.ee.supsi.ch>
- [51] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, *Kriens*: **16.3 kWp Installation with Thin-Film-Elements on the Flat Roof at the CNB-Building of the ETHZ** (RA) / <http://www.zagsolar.ch/>
- [52] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, *Kriens*: **62 kWp PV-Installation - Flat Roof Integration with PowerGuard Tiles** (RA) / <http://www.zagsolar.ch/>
- [53] Ch. Meier, (info@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, *Zürich*: **Preparation and Realisation of the Test- and Pilot Installation SOLIGHT** (RA) / <http://www.energieburo.ch>
- [54] U. Bühler (u.bue@bluewin.ch), URS BÜHLER ENERGY SYSTEMS AND ENGINEERING, *Cham*: **27 kWp Anlage Hünenberg Montagesystem Alustand Freizeit- und Sportgebäude Ehret** (RA) / <http://www.alustand.ch>
- [55] L. Keller, (office@sses.ch), SOCIETE SUISSE POUR L'ENERGIE SOLAIRE SSES, *Bern*: **Installation photovoltaïque à Palexpo** (RA, RF) / <http://www.sses.ch/>
- [56] J. Rasmussen, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf*: **Solgreen Kraftwerk 1 Zürich** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [57] U. Muntwyler, (muntwyler@solarcenter.ch), MUNTWYLER ENERGIETECHNIK, *Zollikofen*: **Autonome Stromversorgung mit Photovoltaik und Brennstoffzellen** (RA) / <http://www.solarcenter.ch/>
- [58] D. Ruoss, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf*: **Monitoring of the CIS BIPV Plant Würth in Choire** (RA) / <http://www.solarstrom.ch/>

- [59] W. Maag, S. Leu (info@SunTechnics.ch), SUNTECHNICS FABRISOLAR, *Küsnacht*: **PV St. Moritz - Corvigliabahn - Piz Nair** (RA) / http://www.suntechnics.de/ch/unternehmen_1ak.htm
- [60] D. Ruoss, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf* / W. Zemp, (info@zemp.tpz.ch), ZEMP+PARTNER DESIGN, *Zürich*: **PV Obelisk - Information system in the public sector** (RA, RF) / <http://www.solarstrom.ch/>
- [61] N. Cereghetti, D. Chianese, (lee@supsi.ch), TISO, *Canobbio* / F. Stöckli, RÄTIA ENERGIE, *Poschiavo*: **Monitoring of the 16.8 kWp PV-plant with CIS modules in St. Moritz** (RA, RF) / <http://www.lee.supsi.ch>
- [62] M. Hubuch, (m.hubbuch@hsw.ch), HOCHSCHULE WÄDENSWIL / Th. Gautschi (thomas.gautschi@amstein-walthert.ch), ARGE ZAYETTA, *Zürich*: **PV-Anlage Dock E - Zürich Flughafen** (RA, RF) /
- [63] R. Minder, (rudolf.minder@bluewin.ch), MINDER ENERGY CONSULTING, *Oberlunkhofen*: **SolarCat - Solar-Electric Passenger Ship** (RA, RF) / <http://www.minder-energy.ch>
- [64] P. Favre, (pierre-pascal.favre@lausanne.ch), SERVICES INDUSTRIELS, *Lausanne*: **Amburnex Solar Farm (3 kWp)** (RA) / <http://www.lausanne.ch/energie>
- [65] R. Kröni (robert.kroeni@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf*: **RESURGENCE - Renewable Energy Systems for Urban Regeneration in Cities of Europe** (RA) / <http://www.solarstrom.ch/>
- [66] P. Affolter, (Pascal.affolter@solstis.ch), SOLSTIS, *Lausanne* / B. Bezençon, (sgi@gve.ch), SYN-THÈSE GROUP INTERNATIONAL SGI, *Lausanne*: **Installation photovoltaïque autonome (3,1 kWp)** (RA) / <http://www.solstis.ch/>
- [67] Th. Hostettler (Hostettler_Engineering@compuserve.com), INGENIEURBÜRO HOSTETTLER, *Bern*: **Messkampagne Wittigkofen** (RA) /
- [68] R. Frei, (info@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, *Zürich*: **PV-ThinFilmTest** (RA) / <http://www.energieburo.ch/>
- [69] S. Rezzonico (sandro.rezzonico@supsi.ch), LEE-TISO, DCT, SUPSI, *Canobbio*: **Monitoraggio dell'impianto PV da 100 kWp AET III a Riazino** (RA) / <http://www.lee.supsi.ch>
- [70] C. Renken, (heinrich.haeberlin@hti.bfh.ch), ADEV BURGDORF represented: HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND INFORMATIK HTI, *Burgdorf*: **Newtech, Vergleich 3 x 1 kWp Dünnschichtzellenanlagen** (RA, RF) / <http://www.pvtest.ch/>
- [71] A. Schlegel, (andreas.schlegel@awtec.ch), AWTEC, *Zürich*: **Beschichtung von PV-Modulen** (RA) / <http://www.awtec.ch>
- [72] Th. Nordmann, (mail@tnc.ch), TNC CONSULTING, *Erlenbach*: **100 kWp PV- Netzverbundanlage A13 Messkampagne, Periode 2002** (RA) / <http://www.tnc.ch>
- [73] J. Keller, (jost.keller@electrosuisse.ch), ELECTROSUISSE, *Fehraltorf*: **Integration der neuen IEC Norm 60364-7-712 für Photovoltaik in die nationalen Installationsnormen NIN** (RA) / <http://www.electrosuisse.ch/>
- [74] R. Locher, (rlocher@szff.ch), SCHWEIZERISCHE ZENTRALSTELLE FÜR FENSTER - + FASSADEN-BAU (SZFF), *Dietikon*: **Gebäude-Integrierte-Solarstrom-Systeme GISS** (RA) / <http://www.szff.ch/>
- [75] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen*: **Solar *Electri* City Guide - Schweizer Solarstromführer für die Gemeinden** (RA) / <http://www.netenergy.ch>
- [76] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen*: **REMAC 2000 - Renewable Energy Market Accelerator 2000** (RA, RF) / <http://www.netenergy.ch>

- [77] M. Real, (alphareal@access.ch), ALPHA REAL, *Zürich*: **Quality in the Photovoltaic Sector** (RA, RF, ENET 240014)
- [78] M. Real, (alphareal@access.ch), Alpha Real, *Zürich*: **IEC Normenarbeit für PV Systeme** (RA) / <http://www.iec.ch>
- [79] A. Haller, (andreas.haller@schweizer-metallbau.ch), ERNST SCHWEIZER, *Hedingen*: **10 Roof Integrated PV Small Scale Systems** (RF) / <http://www.schweizer-metallbau.ch>
- [80] H. Kessler, (hke.pamag@flumroc.ch), PAMAG, *Flums*: **3 kWp PV Eurodach amorph**, (RF) / <http://www.flumroc.ch>
- [81] R. Hächler, (ars_solaris@freesurf.ch), ARS SOLARIS HÄCHLER, *Chur*: **Pilot Installation 10 kWp Flat Roof System "SOLGREEN"** (RF)
- [82] R. Hottiger, (ig-solar@bluewin.ch), IG SOLAR SAFENWIL, *Safenwil*: **PV / Noise Barrier Installation "Alpha A1" in Safenwil** (RF) / <http://www.ekotech.ch> , <http://www.alpha-a1.ch/>
- [83] E. Anderegg, (ean@newlink.ch), NEWLINK ANDEREGG, *Füllinsdorf*: **A Simple and Inexpensive Monitoring Unit for Solar Plants** (RF) / <http://www.newlink.ch>
- [84] G. Jean-Richard, (jeanrichard@eicn.ch), EICN, *Le Locle*: **PV Anlage Héliotrope EICN** / <http://www.eiaj.ch>
- [85] S. Kropf, (kropf@hbt.arch.ethz.ch) ETH, *Zürich*: **Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen** / <http://www.airflow.ethz.ch>
- [86] A. Main, (parkingsolaire@windwatt.ch), WINDWATT, *Genève* /
M. Schneider (schneider-m@bluewin.ch), SUNWATT BIO ENERGIE, *Chêne-Bourg*: **PHOTO-CAMPA - PV grid connected system in parking and roof - parking P+R de l'Etoile, aéroport de Zurich, école de cirque, école de Lullier** / <http://www.windwatt.ch>
- [87] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf*: **SOLRIF (Solar Roof Integration Frame)**. (RF) / <http://www.solarstrom.ch>
- [88] Th. Böhni (boehni@euu.ch), BÖHNI ENERGIE UND UMWELT, *Frauenfeld*: **PV Demonstrationsanlage Zollhof Kreuzlingen** / <http://www.euu.ch>
- [89] U. Muntwyler, (info@solarcenter.ch), MUNTWYLER ENERGIETECHNIK, *Zollikofen*: **Autonome Stromversorgung mit Photovoltaik und BHKW** / <http://www.solarcenter.ch/>

- [A] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen*: **Swiss Photovoltaic Internet Portal - www.photovoltai.ch** (RA) / <http://www.netenergy.ch>
- [B] Ch. Meier, (info@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, *Zürich*: **Photovoltaic Energy Statistics of Switzerland 2002** (RA) / <http://www.energieburo.ch>
- [C] E. Linder, (zuerich@linder-kom.ch), LINDER KOMMUNIKATION, *Zürich*: **Solarstrom vom EW** (RA) / <http://www.linder-kom.ch> / <http://www.strom.ch/deutsch/ch-strom/solarstrom-ew.asp>

9. Bibliographie

- [90] **Forschungskonzept Photovoltaik 2000 – 2003**, Bundesamt für Energie, 2001, <http://www.photovoltaic.ch>
- [91] **Presseanlass IMT – Unaxis**, Neuchâtel, März 2003
- [92] C. Droz et al., http://www-micromorph.unine.ch/Publications/PS_files/paper_365.pdf
- [93] Frischknecht, R. **Life cycle inventory modelling in the Swiss national database ecoinvent 2000**. in Sustainability in the Information Society, 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, ETH Zürich. 2001, Metropolis-Verlag, Marburg
- [94] **Annual Report 2003**, IEA PVPS, 2003, <http://www.iea-pvps.org/>
- [95] **IEA PVPS International Conference 2003**, Past, Present and Future, Osaka, Mai 2003, www.iea-pvps.org
- [96] **National Survey Report on PV Power Applications in Switzerland 2002**, P. Hüsser, (pius.huessler@novaenergie.ch), Nova Energie, June 2003
- [97] **Trends in Photovoltaic Applications in selected IEA countries between 1992 and 2002**, IEA PVPS Task 1 – 12: 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [98] **IEA PVPS Newsletter**, zu beziehen bei Nova Energie, Schachenallee 29, 5000 Aarau, Fax 062 834 03 23, (pius.huessler@novaenergie.ch)
- [99] **Performance Database**, IEA PVPS Task 2, Version 1:19, May 2003, <http://www.task2.org>
- [100] **Guidelines for selecting Stand-Alone Photovoltaic systems**, IEA PVPS T3-12:2002, September 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [101] **Guidelines for monitoring Stand-Alone Photovoltaic systems : methodology and equipment**, IEA PVPS T3-13:2003, October 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [102] **Common practices for protection against the effects of lightning on Stand-Alone Photovoltaic systems**, IEA PVPS T3-14:2003, October 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [103] **Recommended practices for managing the quality of Stand-Alone Photovoltaic systems**, IEA PVPS T3-15:2003, October 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [104] **Demand side management for Stand-Alone Photovoltaic systems**, IEA PVPS T3-16:2003, October 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [105] **Grid-connected photovoltaic power systems: survey of inverter and related protection equipments**, IEA PVPS T5-5:2002, December 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [106] **IEA PVPS Task 5 CD**, zu beziehen bei Programmleitung Photovoltaik, NET, Waldweg 8, CH-1717 St. Ursen, info@netenergy.ch, <http://www.photovoltaic.ch>
- [107] **Summary of Models for the Implementation of Photovoltaic Solar Home Systems in Developing Countries Part 1: Summary**, IEA PVPS T9-02:2003, Februar 2003, <http://www.iea-pvps.org>

- [108] ***Summary of Models for the Implementation of Photovoltaic Solar Home Systems in Developing Countries Part 2: Practical Experience***, IEA PVPS T9-02:2003, Februar 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [109] ***PV for Rural Electrification in Developing Countries - A Guide to Capacity Building Requirements***, IEA PVPS T9-03:2003, 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [110] ***The Role of Quality Management, Hardware Certification and Accredited Training in PV Programmes in Developing Countries***, IEA PVPS T9-04:2003, September 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [111] ***PV for Rural Electrification in Developing Countries– Programme Design, Planning and Implementation***, IEA PVPS T9-05:2003, September 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [112] ***Institutional Framework and Financial Instruments for PV Deployment in Developing Countries***, IEA PVPS T9-06:2003, September 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [113] ***16 Case Studies on the Deployment of Photovoltaic Technologies in Developing Countries***, IEA PVPS T9-07:2003, September 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [114] ***Die 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion Osaka 12. - 16. Mai 2003 aus Schweizer Sicht***, zu beziehen bei NET, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, info@netenergy.ch, <http://www.photovoltaiic.ch>

10. Informations complémentaires

La direction du programme vous renseigne volontiers:

Dr Stefan Nowak, NET Nowak Energie & Technologie, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, Suisse
Tél. ++41 (0) 26 494 00 30, Fax ++41 (0) 26 494 00 34, Email: stefan.nowak@netenergy.ch

Rédaction du rapport annuel: Manuela Schmied Brügger, Stephan Gnos,
NET Nowak Energie & Technologie, info@netenergy.ch

Traduction: J.-M. Suter, Suter Consulting, P.O. Box 130, 3000 Berne 16, Suisse

11. Abréviations utilisées et sites internet

Termes généraux

HES	Haute Ecole Spécialisée	
PV EZA	Photovoltaïque – coopération au développement	http://www.photovoltaiic.ch

Institutions de supports financiers

PSEL	Fonds pour projets et études de l'économie électrique	http://www.psel.ch
------	---	---

Institutions nationales

AES	Association des entreprises électriques suisses	http://www.strom.ch
CORE	Commission fédérale pour la recherche énergétique	http://www.energie-schweiz.ch
CRPP	Centre de Recherche en Physique des Plasmas EPFL	http://crppwww.epfl.ch
CTI	Commission pour la Technologie et l'Innovation	http://www.bbt.admin.ch/kti/profil/d/index.htm
CUEPE	Le Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie	http://www.unige.ch/cuepe
DDC	Direction du développement et de la coopération	http://www.deza.admin.ch
EIAJ	Ecole d'Ingénieurs de l'Arc jurassien	http://www.eiaj.ch
ENET	Réseau d'information et de transfert de technologie en matière d'énergie	http://www.energieforschung.ch
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne	http://www.epfl.ch
EPFZ	Ecole Polytechnique Fédérale Zurich	http://www.ethz.ch
EWZ	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich	http://www.ewz.ch
HTI Berthoud	Haute école Technique et Informatique Berthoud	www.hti.bfh.ch
HES Coire	Haute école spécialisée Coire	http://www.fh-htwchur.ch
ICMB	Institute of Molecular and Biological Chemistry	http://icmb.epfl.ch/
IMT	Institut de Microtechnique Universität Neuchâtel	http://www-imt.unine.ch
IQE	Institut für Quantenelektronik ETHZ	http://www.iqe.ethz.ch
LEEE - TISO	Laboratorio di Energia, Ecologia ed Economia - Ticino Solare	http://www.lee.e.supsi.ch
LESO	Laboratoire d'Energie Solaire EPFL	http://lesomail.epfl.ch/
LFEM	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux	http://www.empa.ch
NIBT	Normes sur les installations électriques à basse tension	http://www.electrosuisse.ch/
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage	http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/fr
OFEN	Office fédéral de l'énergie	http://www.energie-schweiz.ch
OFES	Office fédéral de l'éducation et de la science	http://www.bbw.admin.ch/
OFFT	Office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie	http://www.bbt.admin.ch
PSI	Paul Scherer Institut	http://www.psi.ch
SECO	Secrétariat d'Etat à l'économie	http://www.seco-admin.ch
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana	http://www.lee.e.supsi.ch

Organisations internationales

AIE	Agence Internationale de l'énergie	http://www.iea.org
CEI	Commission Electrotechnique Internationale	http://www.iec.ch
FEM	Le Fonds pour l'environnement mondial	http://www.gefweb.org
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	http://www.gtz.de
IEA PVPS	Photovoltaic Power Systems Implementing Agreement (IEA)	http://www.iea-pvps.org
IFC	International Finance Corporation	http://www.ifc.org
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	http://www.kfw.de
PV GAP	PV Global Approval Programme	http://www.pvgap.org
UE (RTD)	Union Européenne (Programme cadre de RTD) Service Communautaire d'information sur la Recherche et le Développement	http://www.cordis.lu
EESD	Energy, Environment and Sustainable Development	http://www.cordis.lu/eesd/
ESTI	European Solar Test Installation	http://ies.jrc.cec.eu.int/
IST	Information society technologies	http://www.cordis.lu/ist/
UNDP	United Nations Development Programme	http://www.undp.org

Institutions et entreprises privées

NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke	http://www.nok.ch
	Unaxis	http://www.unaxis.ch

12. Sites internet complémentaires

	Site internet photovoltaïque suisse	http://www.photovoltaic.ch
	SuisseEnergie	http://www.suisse-energie.ch
	Recherche énergétique de la Confédération	http://www.energieforschung.ch
FNS	Fond National Suisse	http://www.snf.ch
GSR	Groupement de la science et de la recherche	http://www.gwf-gsr.ch/
Conseil des CEPF	Conseil des écoles polytechniques fédérales	http://www.ethrat.ch
Top Nano	Programme de technologie orientée Top Nano 21	http://www.ethrat.ch/topnano21/
OFS	Office fédéral de la statistique	http://www.statistik.admin.ch/
IGE	Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle	http://www.ige.ch
	Office fédéral de métrologie et d'accréditation metas	http://www.metas.ch/
	Swiss Academic and Research Network Switch	http://www.switch.ch
Swissolar	Groupe de travail Swissolar	http://www.swissolar.ch
SOLAR	Association suisse des professions du solaire	http://www.solarpro.ch
SSES	Société suisse pour l'énergie solaire	http://www.sses.ch
	Photovoltaik Webseite des US Department of Energy	http://www.eren.doe.gov/pv/
ISES	International Solar Energy Society	http://www.ises.org
ESRA	European Solar Radiation Atlas	http://www.helioclim.net/esra/