

PHOTOVOLTAÏQUE

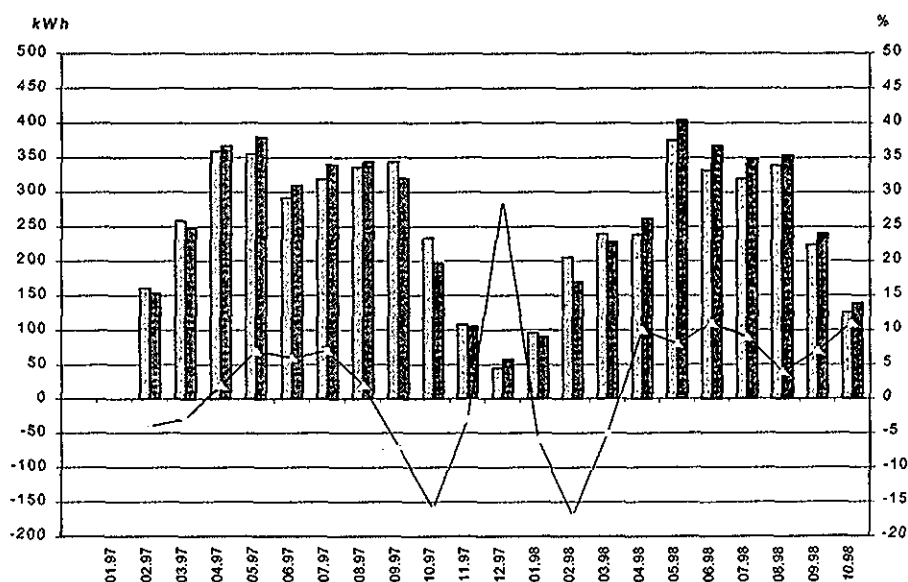
Rapport de synthèse
du programme 1998

Chef du programme : Stefan Nowak

stefan.nowak.net@bluewin.ch



Analysekunde B



Collaboration internationale: Utilisation de données prises par Satellites pour le photovoltaïque
La collaboration européenne a pu être fortement intensifiée au courant de la période en revue. A titre d'exemples, des cartes de rayonnement et d'illumination sont produites à partir de données de satellites et publiées sur internet et le comportement d'installations PV simulé (Projets UE SATELLIGHT et PV-SAT, Copyright WNI et Enecolo)

1. Aperçu du programme et objectifs pour 1998

Pendant l'année sous revue, il s'agissait d'abord pour le programme de recherche Photovoltaïque de poursuivre les efforts visant à la concrétisation des travaux en cours sous la forme d'applications et de produits industriels. Dans ce but, on s'est efforcé de renforcer toujours davantage la coopération, aussi bien avec l'industrie qu'au plan international, et les questions relevant de la conception de solutions améliorées (coûts, rendement) dans tous les domaines du photovoltaïque considéré ici comme un système énergétique, ont été traitées en priorité. Le second objectif pour 1998 était la mise au point de bases de décision applicables à de futurs grands projets; l'application principale envisagée en 1998 était encore l'intégration du photovoltaïque à l'environnement construit. Pendant cette année, les projets dont nous avons eu connaissance étaient au nombre de 78, qu'il s'agisse de recherche et d'installations pilotes et de démonstration (P+D), toutes sources de financement confondues.

Le programme comprend les cinq secteurs suivants:

Cellules: L'effort principal porte sur les cellules en couches minces, le matériau de base étant le **silicium**. Les objectifs principaux sont l'amélioration des caractéristiques de puissance et la réalisation de conditions permettant dans un deuxième temps la mise en pratique de ces travaux. Les recherches portant sur d'autres formes de silicium en couches minces (silicium cristallin mince ou en ruban) ont été intensifiées. En outre, grâce à de nouveaux projets internationaux, il a aussi été possible de renforcer les travaux portant sur d'autres technologies de matériaux, notamment les semiconducteurs composés et les cellules à colorant. On dispose ainsi en Suisse d'une palette extraordinaire de matériaux et de techniques couvrant l'ensemble des approches suivies par la communauté internationale.

Modules et intégration au bâtiment: De nouveaux produits et systèmes pour l'**intégration du photovoltaïque** à l'environnement construit (toitures, façades, parois antibruit) figurent toujours au premier plan des préoccupations. Cela étant, le choix de la technique utilisée pour la fabrication des cellules prend de plus en plus d'importance, car, dans les solutions intégrées, elle se répercute sur la conception du système. L'éventail des produits disponibles s'élargit constamment, signe de l'engagement croissant de l'industrie.

Technique des systèmes: La Suisse dispose d'une longue tradition dans le domaine des applications, qu'il s'agisse des mesures effectuées depuis des années sur des installations en service ou de l'infrastructure pour l'évaluation de produits et installations nouveaux. L'assurance de la qualité, si importante en cette période d'expansion de la technologie PV, est ainsi possible continuellement. Du même coup, on crée ainsi les bases nécessaires aux améliorations techniques, à la standardisation et à la sécurité des produits nouveaux.

Projets et études divers: On trouve dans ce secteur différents travaux relatifs à l'estimation à long terme d'indicateurs caractéristiques du photovoltaïque, concernant notamment l'environnement, les possibilités et les limites technologiques et le développement des marchés. On étudie aussi de nouveaux modes d'utilisation combinée du photovoltaïque comme p.ex. les techniques hybrides et le thermo-photovoltaïque et on met au point des moyens auxiliaires améliorés pour l'étude des projets et le contrôle des résultats.

Coopération internationale: La coopération internationale est l'un des piliers essentiels des travaux; elle prend place dans tous les secteurs. Comme jusqu'ici, la participation aux programmes internationaux de l'UE et de l'AIE avait pour objectif, dans l'année sous revue, de "rester dans la course" sur la scène internationale en évolution et d'intensifier les échanges d'information.

2. Travaux réalisés en 1998 et résultats obtenus

TECHNIQUE DES CELLULES

L'IMT a poursuivi avec succès le projet **Cellules solaires micromorphes** [1] (cellules tandems constituées d'une cellule microcristalline en couverture et d'une cellule amorphe de base). En 1998, il a surtout amélioré différents aspects de cette cellule en couche mince si prometteuse. Pour les cellules simples (p-i-n) en silicium microcristallin, la tension à vide V_{oc} a pu être portée à 530 mV et le rendement à 8.5%. Pour le silicium microcristallin intrinsèque, la vitesse de dépôt, cet autre paramètre clé du concept micromorphe, a été augmentée à 25 Å/s. De plus, on a pu fabriquer aussi des couches transparentes d'oxyde (TCO) à base de ZnO, si bien qu'on dispose dorénavant de procédés permettant la fabrication des contacts électriques. C'est sur ce TCO que les premières cellules amorphes simples présentant de bonnes caractéristiques ($V_{oc} = 880$ mV, FF = 72%) ont été obtenues. Des progrès ont aussi été enregistrés dans la caracté-

sation du matériau; mentionnons ici la dépendance en température de la tension cellulaire du matériau microcristallin et micromorphe, particulièrement importante pour la pratique; il est réjouissant de constater que cette dépendance est aussi faible que celle du silicium amorphe. Ces résultats tout comme le rendement atteint jusqu'ici (10.7% confirmé antérieurement, 12% mesuré à ce jour à l'IMT) font penser que l'objectif d'une valeur stable de 12% pour le rendement de cellules micromorphes pourra être réalisé dans la troisième année du projet. Dans le projet européen **NEST** [1], qui complète ces travaux, on a étudié des cellules micromorphes dont l'ordre des couches avait été inversé (n-i-p-n-i-p). Une autre ligne de force de ce projet est la compréhension du mécanisme de diffusion de la lumière par les couches TCO structurées et son optimisation, qui permettra de mieux capter la lumière et donc de fabriquer des couches plus minces. Enfin, dans un projet encouragé par le PSEL, on a examiné le dépôt de **cellules amorphes sur un substrat de matière plastique** (Polyimide) [1], y compris la création d'une structure au moyen du laser et la connexion en série des cellules. Pour de petits modules de 8x8 cm, le plus haut rendement mesuré s'est élevé à 7.3% (rapporté à la surface active). De leur côté, les partenaires industriels ont étudié le laminage et la faisabilité des éléments de façade.

Dans un projet apparenté à celui de l'IMT, le CRPP a poursuivi l'étude du dépôt de grandes surfaces de silicium microcristallin et des moyens d'**augmenter la vitesse de dépôt** [4]. Le réacteur de 35 x 45 cm de surface permet la détermination des conditions principales que doit satisfaire le procédé VHF de dépôt en vue des applications industrielles; elles concernent l'amplificateur haute fréquence, l'adaptation HF correspondante et l'homogénéité de la distribution de tension et de gaz sur toute la surface. Pour le diagnostic du plasma, cette étude fait largement intervenir des méthodes en partie nouvelles.

Le PSI a examiné dans quelle mesure les procédés mis au point au cours de projets antérieurs pour des cellules minces de silicium à haut rendement s'appliquaient au **silicium en ruban** [5], un matériau susceptible d'abaisser de façon notable les coûts de fabrication des cellules. En l'espèce, il s'agissait d'un produit de la maison américaine Evergreen Solar. La passivation à l'hydrogène a été appliquée à un ruban de silicium polycristallin de 200 μm d'épaisseur. Le procédé PSI a ensuite conduit à un rendement de 14%. En captant en outre les impuretés à l'aide de getters, on a atteint à ce jour un rendement de 14.6%. Dans le cadre du projet européen **CRYSTAL** [6] se poursuit l'étude de cellules au silicium cristallines minces. Le PSI concentre ses efforts sur la modélisation de la structure du réseau avec pour but l'amélioration du captage de la lumière, ainsi que sur l'analyse de couches TCO (ZnO) et le dépôt de silicium polycristallin sur le verre et le quartz. Il recourt pour cela à l'épithaxie par jet moléculaire et à l'épithaxie en phase gazeuse renforcée par le plasma (PEVPE).

Les cellules solaires à base de semiconducteurs composés sont étudiées à l'EPFZ dans le cadre des projets européens **LACTEL** et **WIDE GAP CPV** [7+8]. Dans le projet **LACTEL**, l'accent est mis sur les aspects relevant du génie chimique dans la fabrication par électrodéposition de cellules CdTe, en particulier les réseaux métalliques obtenus par sérigraphie, la croissance des couches par traitement au CdCl₂ et l'influence du matériau TCO employé comme substrat (ITO, FTO, ZnO). ITO et FTO donnent tous deux de bons résultats, au contraire de ZnO. Quant au projet **WIDE GAP CPV**, on y étudie les propriétés de base des couches CuGa_xSe_y, notamment les aspects structuraux et optoélectroniques qu'on caractérise à l'aide de techniques de surface appropriées. Deux autres projets européens dans ce même ordre d'idées ont débuté à l'EPFZ à la fin de l'année sous revue.

Les **cellules nanocristallines** à colorant activateur (cellules de Grätzel) sont une autre variante très discutée pour le choix des matériaux. Elles font l'objet de recherches dans le cadre de trois projets européens, dont un nouveau. Dans le projet [9], l'EPFL se consacre à des **travaux de base** ayant pour objet la suite du développement de ce concept, et en particulier le recours à des électrolytes solides et à des colorants nouveaux. Chez Leclanché par contre, ce sont de nouvelles applications pour l'intérieur qui figurent au premier plan, dans le cadre du projet UE **Indoor dye PV** [10]. On parle ici du remplacement de piles. Solaronix, quant à elle, examine la question cruciale de la **stabilité à long terme** de la cellule; c'est un projet nouveau.

L'Université de Berne effectue, dans le cadre du programme national de recherche "Nanosciences", des travaux de photoélectrochimie de caractère fondamental ayant pour objectif une **photosynthèse artificielle** [11]; on cherche à imiter les processus naturels: des mini-cylindres de zéolithe formant un système tubulaire continu ont été remplis par une chaîne de molécules colorées. Le transport de lumière ainsi rendu possible se déroule très rapidement et pourrait être utilisé en principe dans une cellule solaire d'un type nouveau.

Dans l'ensemble, la coopération internationale dans le domaine des cellules solaires s'est intensifiée considérablement en 1998. Comme des partenaires industriels sont associés à ces projets, les questions liées aux applications et à la production industrielle y occupent une place de plus en plus importante. Dans le même temps, on met au point les bases de procédés considérés comme des options possibles à long

terme pour la production de cellules nouvelles. Les différentes techniques de couches minces ont en commun le rôle joué par les couches d'oxydes transparentes (TCO) et le captage de la lumière qu'elles permettent d'obtenir.

MODULES SOLAIRES ET INTÉGRATION AU BÂTIMENT

Le projet ALUCOSOL®, un **système de façade photovoltaïque intégrée** [12] a pu être mené à son terme pendant l'année sous revue par Alusuisse Technology & Management (ATM) et ses partenaires suisses. Comme aucune cellule au silicium amorphe n'était disponible sur le marché sous la forme d'un produit semi-fini, l'objectif initial du projet, la fabrication d'un prototype, a été abandonné au profit de la mise au point des premières phases du procédé de fabrication: le dépôt de cellules amorphes, de TCO et de couches métalliques sur de l'aluminium. Une nouvelle approche a été tentée pour la préparation des contacts électriques: à l'aide d'un laser, on a percé des trous à travers le module pour y loger les passages conducteurs du courant; on a constaté que rien ne s'opposait en principe à cette approche.

Le LESO de l'EPFL a perfectionné des systèmes destinés aux **toitures plates** [13]. Les produits Solbac® et Sofrel® ont été améliorés en ce qui concerne la mécanique, la géométrie et leur fixation. La variante Solgreen® pour toit recouvert de végétation a été optimisée en vue des premières applications dans des installations P+D.

Les modèles présentant d'anciennes solutions d'intégration du photovoltaïque au bâtiment dans le cadre du projet **DEMOSITE** [14] ont été démontés et remplacés par des systèmes nouveaux. Actuellement, 20 concepts différents d'intégration pour toitures plates ou à pans inclinés, ou encore pour montage en façade, peuvent être comparés directement sur le site. Cette augmentation de la capacité d'accueil du site a nécessité la révision du système d'information et de communication de ce projet intégré à la Tâche 7 du programme PVPS de l'AIE.

D'autres projets en matière d'intégration du photovoltaïque au bâtiment ont été réalisés dans le cadre du programme P+D (voir ch. 5).

TECHNIQUE DES SYSTÈMES

Le TISO de la SUPSI poursuit ses **essais de modules PV du marché** en conditions réelles [15]. Actuellement, les mesures régulières y compris des mesures standard à Ispra touchent 11 modules. On a constaté que les produits nouveaux pouvaient présenter dans leurs caractéristiques électriques des écarts plus importants que ce n'était le cas pour les produits testés antérieurement, et même en retrait de plus de 10% par rapport aux valeurs attendues. Par ailleurs, il a été confirmé que certains modules au silicium mono- et polycristallin pouvaient aussi être sujets à des dégradations affectant la puissance et l'énergie fournies. On ne connaît pas encore l'origine de ces effets qu'il ne faudra plus perdre de vue. Le TISO a en outre publié une base de données [80] répertoriant les spécifications les plus importantes de modules PV. Enfin, il collecte à l'aide des deux installations PV de la SUPSI (10 kWp mc-Si, 4 kWp a-Si) des informations sur leur comportement à long terme.

En collaboration avec la société Mont-Soleil, la HES bernoise à St-Imier effectue des mesures complémentaires du même type, acceptant également, à la différence du TISO, des **produits encore au stade de prototypes** [16]. Pour ces derniers, les mesures concernent en premier lieu l'énergie produite. On teste aussi depuis quelque temps différentes configurations d'onduleurs et compare les résultats à ceux de la centrale solaire de 560 kWp. Cette dernière a produit en 1998 602'000 kWh et sa performance moyenne PR a été de 78 %.

Le PSI étudie en détail lui aussi la **production d'énergie de modules PV** [17]. Les équipements de mesure et les méthodes d'analyse dont il dispose permettent de prédire le comportement à charge partielle, ce qui peut être particulièrement important pour l'établissement du projet d'installations à réaliser en contracting ou dans le cadre des bourses de courant solaire. Le PSI effectue aussi des mesures précises sur des prototypes de modules hybrides (PV/thermique).

La HES bernoise à Berthoud poursuit les **essais d'onduleurs PV** [18]. Elle est dorénavant en mesure de tester en détail aussi bien les onduleurs reliés au réseau que ceux travaillant sans un tel raccordement. Pour ces derniers, les essais se limitent aux paramètres les plus importants: émissions HF, rendement de conversion, facteur de puissance, comportement en cas de surcharge, harmoniques supérieures. Pour les mesures de compatibilité électromagnétique, on a construit un dispositif simulant la distribution de courant continu. Dans le cas des onduleurs reliés au réseau, ces mesures sont complétées par un essai en situation de panne de réseau, un déclenchement à vide et une mesure du rendement du dispositif d'adaptation à la puissance maximum. En outre, on examine la fiabilité à long terme. Avec le soutien du PSEL,

le **comportement à long terme de 36 installations PV** est suivi par le biais de l'enregistrement des résultats d'exploitation [19]. A part les onduleurs, ces observations portent sur les altérations visibles des modules (salissures, délamination) et du câblage. L'installation de 1 kWp du Jungfraujoch a continué à donner de bons résultats, avec plus de 1500 kWh/kWp.a et PR > 86%. Dans le nouveau projet européen **PV-EMI** [20], on étudie les perturbations électromagnétiques induites par les installations PV ainsi que les méthodes d'essai correspondantes, et on élabore des recommandations qui devraient conduire à l'adoption de standards européens. On prête une attention toute particulière à la résistance aux régimes électriques transitoires de courte durée comme p.ex. la foudre.

Dans un autre projet européen du nom de SCMIC, l'EPFZ a travaillé au développement d'un **onduleur prévu pour une seule cellule solaire** [21], de concert avec Enecolo et Alusuisse; ce projet a été quasiment achevé en 1998. Un nouveau schéma a été mis au point qui réalise en deux étages la délicate conversion DC-DC avec un rendement pouvant atteindre 97%.

Dans le cadre de divers projets européens [22-24], Alpha Real a étudié la **fiabilité des systèmes et des modules à courant alternatif** et cherché avec quels appareils simples le fonctionnement des installations PV peut être **surveillé** efficacement. Et dans un projet du PSEL [25], cette maison examine la **fiabilité des dispositifs de protection du réseau public** contre l'injection intempestive de courant solaire lors de pannes de celui-ci.

Dans l'ensemble, on peut dire de la technique des systèmes que, malgré son état de développement avancé, d'autres améliorations sont encore possibles et nécessaires en ce qui concerne la fiabilité, la simplification, la sécurité et la standardisation des produits et des systèmes. Ici, l'expérience notoire acquise par la Suisse dans les applications exerce ses effets positifs et conduit à la mise au point de nouvelles solutions prometteuses et à une collaboration internationale renforcée.

ETUDES ET PROJETS DIVERS

La **compatibilité à long terme** du photovoltaïque avec les impératifs de la **protection de l'environnement** a été analysée par Alpha Real de façon dynamique, à l'aide d'une modélisation détaillée de nombreux flux d'énergie et de matières [26]. On est arrivé à la conclusion que, de ce point de vue, le photovoltaïque représentait un investissement d'énergie et de matériaux valable. En effet, aucun flux de matière sortant de l'ordinaire n'a lieu et le système produit pendant la période d'exploitation beaucoup plus d'énergie qu'il n'en a fallu pour le fabriquer.

L'utilisation combinée du photovoltaïque et d'autres techniques énergétiques soulève de plus en plus d'intérêt, en particulier la combinaison avec le solaire thermique. Le LESO de l'EPFL travaille au développement d'un nouveau **capteur hybride** [27], en collaboration avec Enecolo et Schweizer. On cherche à tirer profit des propriétés thermiques favorables du silicium amorphe. Au terme de la phase 1 qui était consacrée à l'élaboration de concepts possibles, on étudie dans la phase 2 en cours certains aspects spécifiques qui se sont révélés critiques lors de la première analyse. D'une part, on détermine le facteur d'absorption du silicium amorphe; les premiers résultats indiquent que le seuil des 80% est atteint et même dépassé dans la plupart des cas. D'autre part, on vérifie la stabilité du matériau au-dessus de 100 °C.

Le PSI se consacre au thermo-photovoltaïque (TPV) dans un projet du FOGA [39]. Il a mis au point un petit générateur TPV de 1.4 kW de puissance thermique. L'accent a été mis sur le développement et la modélisation d'un matériau spécial pour l'émetteur à base de tissus de céramique faits d'oxydes de différentes terres rares. Le générateur a été mis en exploitation avec des cellules au silicium du marché et relié au réseau. Le rendement atteint pour la conversion de la chaleur en courant continu est de 1.1%. L'étape suivante consistera en la construction d'un banc d'essai de 20 kW_{th} en collaboration avec HOVAL.

L'évaluation de la **surface disponible pour l'exploitation du photovoltaïque** [28] a été poursuivie par NET dans le cadre de deux études de cas, l'une dans un environnement urbain (Ville de Zurich, EWZ), l'autre en milieu rural (canton de Fribourg). Une nouvelle méthodologie a permis un examen très détaillé. Elle tient compte aussi bien de l'état des bâtiments que de leur aptitude architectonique à recevoir des équipements solaires. Les résultats obtenus sont la production potentielle d'énergie de certaines surfaces particulières ou des bâtiments classés selon différents critères de choix (fonction, forme de la toiture, taille, âge, etc.).

Dans le cadre d'un projet européen, TNC étudie le **potentiel des générateurs photovoltaïques à installer sur les barrières anti-bruit** longeant les routes et les voies ferrées d'Europe [29].

Deux autres projets européens ont pour objet le développement de nouveaux instruments de travail en rapport avec l'utilisation de l'énergie solaire, basés sur des photos satellites. Dans le projet **PVSAT** [30], Enecolo examine la possibilité de déterminer les données locales de rayonnement à partir de photos satel-

lites, dans le but de simuler numériquement la production d'énergie d'une installation PV. Et dans le projet **SATELLIGHT** [31], l'Université de Genève travaille à un atlas du rayonnement sur Internet, utilisable conjointement pour les applications PV, le solaire passif et l'utilisation de la lumière du jour dans le bâtiment. Les variations temporelles du rayonnement (irradiance et direction) et de l'éclairement devraient être reproduites à l'écran. Ce serveur devrait être opérationnel le 1er avril 1999.

COOPERATION INTERNATIONALE AU SEIN DE L'AIE

La participation au programme photovoltaïque de l'AIE s'est poursuivie sans interruption pendant l'année sous revue, tant au niveau des différentes Tâches qu'à celui du Comité exécutif au sein duquel la Suisse prend une part active à la direction du programme et à la supervision des activités. En 1998, deux évaluations du programme ont eu lieu, l'une interne, l'autre externe; leurs résultats sont positifs dans l'ensemble, même si quelques points faibles ont été identifiés à cette occasion.

Dans la Tâche 1, les **activités d'information** ont été reprises par Nova Energie [32]. Les publications parues en 1998 traitent les thèmes suivants: tarifs de rachat du courant produit de manière décentralisée, aspects environnementaux, stratégies de recherche, et le photovoltaïque et la libéralisation des marchés [81-84]. Un rapport national sur le photovoltaïque en Suisse jusqu'en 1997 a été préparé pour la Tâche 1 [85].

La Tâche 2 est consacrée aux **expériences faites pendant l'exploitation** [33]; pour notre pays, c'est TNC qui assure notre participation. Actuellement, la base de données contient 263 installations de 8 pays. Les premières analyses de ces données sont en cours, aussi bien pour les installations raccordées au réseau que pour les autres. Un manuel du monitoring paraîtra sous peu [86].

Atlantis représente la Suisse dans la Tâche 3, qui s'occupe des **installations sans raccordement au réseau** [34]. Des publications ont été élaborées sur les thèmes "Lessons learned with showcase projects", régulateurs de charge et batteries [87-89]. Egalement en préparation: un CD-ROM avec une collection de diapositives d'installations sans raccordement au réseau en service dans les pays de l'AIE [90].

Enecolo participe à la Tâche 5 qui s'occupe des questions techniques en rapport avec le **raccordement au réseau** [35]. Les résultats de cette coopération internationale trouvent leur application dans des directives et sont appréciés des fabricants d'onduleurs. A partir de 1999, c'est l'EWZ qui représentera la Suisse à la Tâche 5.

La Tâche 7, consacrée à l'**intégration du photovoltaïque à l'environnement construit** [36], est gérée par Enecolo. Elle est caractérisée par une grande variété de sujets abordés et comprend tous les éléments importants de l'intégration du PV (design architectonique, technique des systèmes, obstacles non techniques, démonstration). Le projet DEMOSITE de l'EPFL cité plus haut est également rattaché à la Tâche 7. Bien qu'elle n'ait que deux ans d'âge, elle a déjà des résultats concrets à annoncer, p.ex. une collection de diapositives présentant des installations en exploitation [91].

De son côté, Minder Energy Consulting a participé à la préparation d'une nouvelle Tâche 8 AIE-PVPS qui devrait s'occuper de la **faisabilité de très grandes centrales PV** en région désertique [37].

3. Coopération à l'échelle nationale

La collaboration à l'échelle nationale est devenue maintenant une tradition. Y participent les Hautes écoles et les instituts de recherche (EPF, universités, HES, PSI), l'économie privée (industrie, bureaux d'ingénieurs) et les entreprises électriques. D'autres milieux encore (finance, politique, médias) manifestent un intérêt croissant pour le photovoltaïque. Dans l'année sous revue, une conférence nationale du PV a été l'occasion d'un échange d'informations; elle a été organisée en collaboration avec l'UCS, Swissolar et la société Mont-Soleil. La direction du Programme entretient de bons contacts avec nombre d'offices fédéraux (p.ex. OFES, OFPT, OCF, OFAEE) et cantonaux, ce qui permet une bonne coordination des projets et de leur financement au sein du Programme.

4. Coopération à l'échelle internationale

L'année sous revue a aussi vu le renforcement très net de la coopération internationale qui s'est établie au sein du Programme photovoltaïque dans tous les domaines. Grâce au soutien de l'Office fédéral de l'éducation et de la science (OFES), le photovoltaïque suisse participe avec succès aux programmes de recherche de l'Union européenne. En 1998, ceci concernait 20 projets PV au sein du programme Joule-Ther-

mie, soit 16 pour Joule (recherche) et 4 pour Thermie (démonstration). Ceci représente les 36% des participations suisses à ce programme (56 projets en tout) ou les 44% des moyens engagés dans ce cadre-là. Le photovoltaïque est ainsi le secteur le mieux doté de toutes les techniques énergétiques participant à ce programme, ce qui témoigne de la qualité de cette recherche. Est venue s'y ajouter à la fin de 1998 une première participation directe de la Suisse au programme Altener (actions proches du marché) dans le domaine du photovoltaïque. Parallèlement à ces projets au sein des programmes européens, la coopération s'est poursuivie avec succès au sein du programme PVPS de l'AIE (voir ci-dessus).

5. Projets P + D

L'année 1998 a vu le lancement de 13 nouveaux projets P+D. Le groupe de projets le plus important (8 projets) concerne **l'intégration du PV** au bâtiment et aux barrières anti-bruit. Il comprend en nombre à peu près égal des développements de composants de systèmes PV et des réalisations d'installations PV pilotes et de démonstration. Les neuf autres projets concernent le secteur des études et moyens auxiliaires et celui des campagnes de mesure. Un nouveau sujet a été abordé en 1998, les moyens auxiliaires pour l'assurance de la qualité des installations PV pendant leur construction et leur exploitation. Au vu des taux de croissance du photovoltaïque ces dernières années et de ceux auxquels on s'attend prochainement, l'assurance de la qualité va occuper une place de plus en plus importante.

En tout, 39 projets P+D photovoltaïques ont été actifs en 1998. Leurs lignes de force sont inchangées par rapport à l'année précédente:

- mise à l'épreuve des composants de systèmes dans le secteur de **l'intégration du PV** au bâtiment et aux barrières anti-bruit,
- **campagnes de mesure** détaillées sur des installations P+D en exploitation dans le but de contrôler leurs performances, et
- **développement** de nouveaux composants de systèmes pour l'intégration du PV.

Par rapport à 1997, seul le secteur du développement des composants a été renforcé. Mentionnons que la question des coûts évités grâce à l'intégration est très discutée dans nombre de projets d'intégration PV. C'est de bon augure pour la diffusion plus large du photovoltaïque à l'avenir.

Les **nouveaux projets P+D lancés en 1998** sont les suivants:

Installations

- Installation 'SolGreen' de 10 kWp intégrée à une toiture-jardin (nouvelle structure porteuse pour toitures-jardins, intégration en toiture plate; direction: ars solaris hächler) [50]
- Intégration en toiture avec Sunslates, 3.1 kWp (installation autonome, intégration au bâtiment; direction: Atlantis Solar Systeme AG) [72]
- Installation à courant alternatif intégrée aux barrières anti-bruit à Amsterdam (combinaison de modules à courant alternatif et de protections anti-bruit; direction de la participation Suisse: TNC Consulting) [53]
- 151 petites installations photovoltaïques avec onduleurs en chaîne couplées au réseau, puissance totale 200 kWp, en Suisse 30 kWp; direction de la participation Suisse : Phebus Suisse [54]

Développement de composants

- Eléments photovoltaïques pour isolations thermiques extérieures (intégration au bâtiment; direction: ZAGSOLAR) [73]
- Support de modules SOLight ('intégration en toiture plate'; direction: Energiebüro) [74]
- SOLRIF: cadres pour modules standard destinés à l'intégration en toiture (intégration en toiture; direction: Enecolo) [75]
- Enveloppe de bâtiment multifonctionnelle - Toiture hybride PV (intégration en toiture, capteur à air/module PV; direction: S. Kropf) [76]

Campagnes de mesures

- La chaîne solaire de 1 MW des NOK (données normalisées 1997 - 2001; direction: NOK) [64]
- Installations de 180 kWp de l'UBS à Suglio (comparaison de divers concepts d'installations; direction: Enecolo AG) [65]

Etudes - Moyens auxiliaires - Projets divers

- Etude de la faisabilité de modules de grande surface utilisant le matériau des cellules micromorphes (direction: Zühlke Engineering AG) [70]
- GRS La garantie de résultats solaires pour les systèmes PV (projet UE-Altener, assurance de la qualité; direction de la participation suisse: Energiebüro) [77]
- PVSYST V3; ergonomie et fonctionnalité (suite du projet PVSYST 2.0; direction: EPFL) [71]

En ce qui concerne les projets en cours, les activités ont été très variées, selon l'état d'avancement des travaux. Mentionnons l'étude de détails, la construction et la mise en service d'installations, la pose et la mise en service de systèmes de mesure, la saisie de données et leur dépouillement ainsi que la réalisation d'études ou la mise au point de moyens auxiliaires. D'une manière générale, tous les projets sont en bonne voie et devraient atteindre leurs objectifs. Il est cependant frappant de constater que nombre de projets en cours ont accumulé un retard parfois considérable. Une raison en est l'octroi différé du permis de construire, en partie par suite d'oppositions. Mais en 1998, la cause la plus fréquente de ces retards a été la saisie de données mesurées. On peut se demander ici s'il ne serait opportun de recourir en la matière à des systèmes de mesure et d'analyse standardisés, car la situation actuelle ne donne que partiellement satisfaction.

Voici la liste des **projets en cours**:

Installations

- Installation PV hybride de 7 kWp à Domdidier (installation hybride électricité/air chaud, intégration au bâtiment; direction: GEIMESA) [42]
- Installation de 6.4 kWp intégrée à la toiture de l'Institut de Microtechnique de Neuchâtel (éléments PV à cellules amorphes, intégration au bâtiment; direction: IMT) [44],
- Installation PV de 16.3 kWp à modules à courant alternatif intégrés à la toiture d'une ferme à Iffwil (éléments PV à onduleur intégré, installation hybride électricité/air chaud, intégration au bâtiment; direction: Atlantis Energie) [46]
- Installation de toiture plate de 1 kWp à modules SCIBEL, exécution en béton (intégration en toiture plate avec de nouveaux éléments PV, installation disposée horizontalement; direction: Enecolo) [48]
- Installation de 11.8 kWp à modules à courant alternatif de l'UBS à Zurich (éléments PV à onduleur intégré, dispositif de protection Hot-Spot, "intégration en toiture plate"; direction: Alpha Real) [49]
- Trois installations PV de 10 kWp intégrée aux barrières anti-bruit le long de l'autoroute (combinaison PV/barrières anti-bruit, 3 installations prototypes; direction: TNC Consulting) [51]
- Héliotram, installations PV de 800 kWp à Lausanne et Genève, à injection directe dans le réseau des transports publics (courant continu) (direction: Sunwatt Bio Energie SA) [52]
- Héliotrope, 3 installations PV de 2 kWp au Locle (comparaison directe d'installations identiques à cela près que la 1ère est intégrée au bâtiment, que la 2ème ne l'est pas et que la 3ème est munie d'un système suiveur (direction: EICN, Le Locle) [55]

Développement de composants

- Installation de 2 kWp à onduleurs de module (installation à modules à courant alternatif nouvellement développés; direction: Ecole d'ingénieurs HES de Bienne) [40]
- Développement d'un onduleur triphasé de module (direction: Alpha Real) [41]

Campagnes de mesures

- Installation PV CMZ Stadtmühle Zurich, mesures (direction: TNC Consulting) [57]
- Visualisation de l'installation photovoltaïque du Rothorn et dépouillement des mesures (direction: HES de Coire) [63]
- Campagne de mesure, entretien et exploitation de l'installation Mark I, Domat/Ems (direction: TNC Consulting) [60]
- Campagne de mesure, entretien et exploitation de l'installation Mark II, Riazino, (direction: TNC Consulting) [59]
- Campagne de mesure sur l'installation Mark III, Giebenach (direction: TNC Consulting) [61]

Etudes - Moyens auxiliaires - Projets divers

- Centrale de 450 kW montée en façade à Wittigkofen, Berne (direction: Atlantis Energie Berne) [66]
- OptiPV: étude de l'optimisation de la construction d'installations PV peu coûteuses (direction: Muntwyler AG) [67]
- Normalisation en matière de systèmes PV (direction: Alpha Real) [69]

L'année sous revue a vu l'achèvement avec succès des projets P+D-suivants:

- Intégration hybride en toiture à Cerlier (Erlach) [43]
- Intégration en toiture de 13.6 kWp au Rigi Kulm [45]
- Installation photovoltaïque intégrée aux marquises de gare (direction: LESO - EPFL) [62]
- Installation de 9 kWp en toiture plate avec Solbac au LESO [78]
- Installation PV du Centre d'entretien de l'autoroute à Sierre [79]
- Chaîne de mesure et installation PV de l'école d'Adligenswil [56]
- Mise au point d'un système de mesure mobile [58]
- Moniteur PV, campagne de mesure sur diverses installations PV [68]

Actuellement, dans le cadre du programme 1999, on prépare plusieurs installations intégrées à des bâtiments dans le but de tester de nouveaux composants PV. D'autres projets sont prévus dans le domaine du développement.

6. Transfert des connaissances à la pratique

Grâce à l'intérêt croissant de larges milieux ainsi qu'à la collaboration avec l'industrie, le transfert des connaissances à la pratique a pu être poursuivi dans la continuité. En la matière, les mesures financières d'encouragement de la Confédération en faveur des installations et les bourses de courant solaire mises sur pied dans de nombreuses régions sont des stimulants importants de la demande, même si la continuité nécessaire de l'encouragement et la couverture territoriale des bourses laissent encore à désirer. Au total, à la fin de l'année 1998, les installations PV suisses en service représentaient 12 MWp, dont trois quarts sont raccordées au réseau. L'expérience accumulée au fil des ans et les mesures effectuées sur les produits et les systèmes révèlent des tendances importantes pour l'avenir, tant au plan des développements futurs que de l'assurance de la qualité, d'autant plus que la croissance (stable!) de la production mondiale de modules est de 30-40% par année. Actuellement, on élabore les bases de décisions futures en rapport avec les démarches possibles pour la mise en œuvre de l'ensemble de la chaîne de création de valeur ajoutée que représente le photovoltaïque, production de cellules comprise.

7. Evaluation 1998 et perspectives 1999

Malgré la limitation, toujours en vigueur, des moyens disponibles, le bilan de l'année 1998 peut être considéré comme positif. Trois facteurs essentiels y ont contribué: la participation réussie à des projets internationaux de l'UE, un intérêt croissant de l'industrie et l'évolution du marché résultant de l'effet conjugué de l'encouragement et des bourses du courant solaire. Au vu de l'évolution du marché international et des importants programmes de promotion de certains pays, notamment les Pays-Bas et l'Allemagne, il devient de plus en plus important pour notre pays de disposer à court terme de moyens suffisants permettant le développement et la mise en œuvre des résultats sous la forme de produits industriels. C'est ainsi seulement que la position de pointe acquise sur la scène internationale en matière de recherche, de développement et d'applications du photovoltaïque pourra être maintenue à l'avenir. Mais il n'appartient pas aux pouvoirs publics de s'engager seuls sur cette voie. Seule une action conjointe de l'industrie, des entreprises électriques et des pouvoirs publics conduira au succès.

Vienne a accueilli en 1998 la 2e Conférence mondiale du photovoltaïque et en même temps la 15e Conférence européenne du même nom, qui a battu une nouvelle fois tous les records de participation [42]. Et en Suisse, une journée nationale du photovoltaïque a été l'occasion de faire le point et d'échanger des informations [43].

En 1999, il s'agira d'assurer la continuité et, quand ce sera possible, de lancer de nouvelles activités dans la direction des applications. Il faudra aussi assurer dans le subventionnement des projets une flexibilité en rapport avec les exigences de l'évolution de la technique et prendre des dispositions concrètes pour poursuivre la mise en œuvre des résultats. Comme l'an dernier, on aura l'occasion en automne de discuter de la situation et des perspectives d'avenir du photovoltaïque au cours d'une journée nationale. Dans cette période également aura lieu une importante conférence internationale de l'AIE consacrée à l'examen stratégique en haut lieu des chances du photovoltaïque dans un marché libéralisé et ouvert à la concurrence.

8. Liste des projets de recherche en cours en 1998

- [1] A. Shah, IMT, Université de Neuchâtel: **Mikromorphe Solarzellen**. (RA) / ENET 9719431, <http://www-micromorph.unine.ch>
- [2] A. Shah, IMT, Université de Neuchâtel: **NEST (New enhanced silicon thin-film solar cells)**. (RA) / ENET 9799901, <http://www-micromorph.unine.ch>
- [3] A. Shah, IMT, Université de Neuchâtel: **Amorphe Siliziumzellen auf Plastiksubstrat**. (RA), <http://www-micromorph.unine.ch>
- [4] Ch. Hollenstein, CRPP / EPF - Lausanne: **Erhöhung der Abscheideraten von mikrokristallinen und amorphen Siliziumdünnschichten für photovoltaische Anwendungen**. (RA) / ENET 9400051
- [5] M. Real, Alpha Real, Zürich, J. Gobrecht, PSI, Villigen: **Swiss high efficient cristalline solar cell project, using PSI process for sheet ribbon Si material**. (RA) / ENET 9823643
- [6] D. Grützmacher, PSI, Villigen: **CRYSTAL: Crystalline silicon thin film solar cells on low temperature substrates**. (RA), <http://www.psi.ch/LMN>
- [7] H. Zogg, IQE, ETH - Zürich: **LACTEL (Large Area cadmium telluride electrodeposition for thin-film solar cells)**. (RA) / ENET 9799903
- [8] H. Zogg, IQE, ETH - Zürich: **WIDE GAP CPV (Wide gap chalcopyrites for advanced P V devices)**. (RA) / ENET 9799902
- [9] M. Grätzel, ICP2 / EPF - Lausanne: **Cellules solaires basées sur des films semiconducteurs nanocristallins colorés**. (RA) / ENET 9401231, <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [10] M. Wolf, LECLANCHE, Yverdon: **INDOOR DYE PV's**. (RA) / ENET 9799905, <http://www.leclanche.ch>
- [11] G. Calzaferri, Departement für Chemie und Biochemie, Uni-Bern: **Photochemical and photo-electrochemical transformation and storage of solar energy**. (RA) / ENET 9400111
- [12] M. Weng, ALUSUISSE - LONZA, Neuhausen: **ALUCOSOL - Entwicklung eines Fassaden-systems mit integrierten Solarzellenmodulen**. (RA/RF) / ENET 9554318
- [13] Ch. Roecker, LESO / EPF - Lausanne: **Photovoltaïque sur toits plats - une nouvelle approche**. (RA) / ENET 9554392, <http://lesomail.epfl.ch>
- [14] Ch. Roecker LESO / EPF - Lausanne: **DEMOSITE and DEMOSITE FLAT ROOFS - Phase III**. (RA) / ENET 9400261, <http://www.demosite.ch>
- [15] M. Camani, Dip. del Territorio, Bellinzona: **Tests di componenti e sistemi per progetti nel campo della tecnica fotovoltaica, TISO - periodo V**. (RA) / ENET 9400931, <http://leee.dct.supsi.ch>
- [16] C. Brielmann, EISI - Saint-Imier: **Programme de recherche sur des nouvelles technologies PV et sur la centrale de Mont-Soleil**. (RA) / ENET 9552187, <http://sms.eisi.ch>
- [17] W. Durisch, PSI, Villigen: **Charakterisierung von PV-Generatoren**. (RA)
- [18] H. Häberlin, HTL - Burgdorf: **Qualitätssicherung von PV-Anlagen**. (RA) / ENET 9702744, <http://www.isburg.ch/Abteilungen/E/pvframe.html>
- [19] H. Häberlin, HTL - Burgdorf: **Langzeitverhalten von netzgekoppelten PV-Anlagen**. (RA) / ENET 9619490, <http://www.isburg.ch/Abteilungen/E/pvframe.html>
- [20] H. Häberlin, HTL - Burgdorf: **PV-EMI (Development of standard test procedures for electromagnetic interference (EMI) tests and evaluations on PV components and plants**. (RA), <http://www.isburg.ch/Abteilungen/E/pvframe.html>
- [21] P. Toggweiler, ENECOLO, Mönchaltorf: **SCMIC (Single Cell Module Integrated Converter)**. (RA) / ENET 9599901, <http://www.solarstrom.ch>
- [22] R. Schmid, Alpha Real, Zürich: **Accelerated Reliability improvement AC-Modules**. (RA) / ENET 9799906
- [23] R. Schmid, Alpha Real, Zürich: **PV Checker: Research on low cost PV system checker devices for future application in the individual PV system monitoring**. (RA) / ENET 9699901

- [24] M. Real, Alpha Real, Zürich: **Improving PV system reliability by a new concept including a nouvel arc detection unit.** (RA) / ENET 9401221
- [25] M. Real, Alpha Real, Zürich: **Zuverlässigkeit von Sicherheitsschaltungen gegen Inselbildung.** (RA) / ENET 9721659
- [26] M. Real, Alpha Real, Zürich: **Entwicklung und Validierung eines Modells zur Analyse und Prognose der langfristigen Umweltverträglichkeit verschiedener PV-Technologien.** (RA+RF) / ENET 9400381
- [27] D. Ruoss, LESO / EPF - Lausanne: **Capteur hybride d'une nouvelle génération.** (RA) / ENET 9656360
- [28] S. Nowak, NET Nowak Energie & Technologie, St. Ursen: **Abschätzung des PV-Flächenpotentials in der Stadt Zürich und im Kanton Freiburg.** (RA)
- [29] Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **EU PVNB POT (Evaluation of the potential of PV noise barrier technology for the electric production and market share.** (RA)
- [30] P. Toggweiler, ENECOLO, Mönchaltorf: **PVSAT: Remote performance check for grid connected PV systems using satellite data.** (JB), <http://www.solarstrom.ch>
- [31] P. Ineichen, Groupe de Physique Appliquée, Université de Genève: **Satellight.** (RA) / ENET 9699902
- [32] P. Hüsler, Nova Energie GmbH, Aarau: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task I.** (RA) / ENET 9400991, <http://www.novaenergie.ch>
- [33] L. Calvadetscher, TNC Consulting, Männedorf: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task II.** (RA) / ENET 9714805
- [34] B. Bezençon, ATLANTIS ENERGIE, Bern: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task III.** (RA) / ENET 9722579, <http://www.atlantisenergy.com>
- [35] P. Toggweiler, ENECOLO, Mönchaltorf: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task V.** (RA) / ENET 9720552, <http://www.solarstrom.ch>
- [36] P. Toggweiler, ENECOLO, Mönchaltorf: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task VII.** (RA) / ENET 9720552, <http://www.solarstrom.ch>
- [37] R. Minder, Minder Energy Consulting, Oberlunkhofen: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task VIII.** (RA)
- [38] M. Real, Alpha Real, Zürich: **Global Approval Programm - PV GAP.** (RA) / ENET 9723783
- [39] W. Durisch, PSI, Villigen: **Thermophotovoltaische Erzeugung von Strom in mit Erdgas betriebenen wärmegeführten Kleinblockheizkraftwerken.**

9. Projets P+D

- [40] V. Crastan, HTL Biel: **Pilotanlage 2 kWp für modulintegrierte Wechselrichter.** (RA)
- [41] M. Real, Alpha Real, Zürich: **Dreiphasiger, modulintegrierter Solarwechselrichter,** Folgeprojekt des gleichnamigen Forschungsprojekts. (RA)
- [42] J. Audergon, GEIMESA, Fribourg: **Système hybride photovoltaïque et thermique de 7 kWp, Domdidier.** (RA)
- [43] J. Rickli, Solargenossenschaft Erlach; A. Eckmanns, B. Stucki, Atlantis Energie, Bern: **Hybride Dachintegration Erlach** (RF)
- [44] R. Tschanner, IMT, Université de Neuchâtel: **Amorphe PV-Anlage dachintegriert, IMT Neuenburg** (RA)
- [45] U. Bühler, G. Berner Solargenossenschaft Rigi, Cham: **PV-Anlage Hotel Rigi Kulm.** (RA+RF)
- [46] B. Stucki, Atlantis Energie, Bern: **PV-Dachintegration mit Modulwechselrichtern.**(RA), <http://www.atlantisenergy.com>
- [47] Ch. Roecker, J. Bonvin, EPF - Lausanne: **Nouveaux support doubles en Eternit pour panneaux photovoltaïques sur toit plat.** (RA+RF), <http://lesomail.epfl.ch>
- [48] P. Toggweiler, Enecolo, Mönchaltorf: **PV-Flachdachanlage mit SCIBEL Elementen.** (RA), <http://www.solarstrom.ch>

- [49] M. Real, Alpha Real, Zürich: **PV-Flachdachanlage mit AC-Modulen.** (RA)
- [50] R. Hächler, Ars Solaris Hächler, Chur: **PV-Flachdachanlage auf Gründach, Solgreen** (RA)
- [51] Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **3 x 10 kWp PV-Schallschutzanlagen.** (RA)
- [52] M. Schneider, Sunwatt Bio Energie SA, Chêne Bourg: **Héliotram, 800 kWp PV-Anlagen mit DC-Direkteinspeisung ins Tramnetz.** (RA)
- [53] Th. Nordmann, TNC Consulting AG, Männedorf: **AC-Schallschutzanlage Amsterdam.** (RA)
- [54] R. Diamond, Phebus Suisse, Genève : **151 small grid connected PV-Stations for a total of 200 kWp.** (RA)
- [55] G. Jean-Richard, EICN, Le Locle: **PV-Anlage Héliotrope EICN.** (RA)
- [56] H. Meier, Gemeinde Adligenswil: **Messpaket PV-Anlage Schulhaus Gemeinde Adligenswil.** (RA)
- [57] Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **Messkampagne PV-Anlage CMZ Stadtmühle Zürich.** (RA)
- [58] A. Eckmanns, Atlantis Energie, Bern: Realisierung eines **Mobilen Mess-Systems.** (RA+RF), <http://www.atlantisenergy.com>
- [59] L. Clavadetscher, Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **100 kWp PV-Netzverbundanlage entlang dem SBB Trasse Bellinzona-Locarno.** (RA)
- [60] L. Clavadetscher, Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **100 kWp PV-Netzverbundanlage N 13, Messungen, Unterhalt, Betrieb.** (RA)
- [61] A. Frölich, Th. Bähler, Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **100 kWp PV-Netzverbundanlage A2 Giebenach.** (RA)
- [62] Ch. Roecker, P. Affolter, LESO - EPF Lausanne: **Installations photovoltaïques intégrée aux marquises de gare.** (RA+RF)
- [63] M. Schalcher, Ingenieurschule HTL, Chur: **Visualisierung / Auswertung der Daten der 4.1 kWp Anlage auf dem Rothorn.** (RA)
- [64] S. Roth, NOK, Baden: **1-MW Solarkette der NOK, normierte Daten 1997 - 2001.** (RA), <http://www.nok.ch>
- [65] R. Kröni, D. Ruoss: Enecolo AG, Mönchaltorf: **180 kWp Anlage UBS Suglio, Messkampagne.** (RA), <http://www.solarstrom.ch>
- [66] B. Stucki, Atlantis Energie, Bern: **450 kW Fassadenkraftwerk Wittigkofen .** (RA+RF). <http://www.atlantisenergy.com>
- [67] U. Muntwyler, Muntwyler Energietechnik, Zollikofen: **OptiPV - optimaler Systemaufbau von kostengünstigen PV-Anlagen.** (RA)
- [68] S. Kunz. Meteotest, Bern: **PV-Monitor.** (RA)
- [69] M. Real, Alpha Real, Zürich, **Normenarbeit für PV-Systeme.** (RA)
- [70] R. P. Maisch, Zühlke Engineering, Schlieren: **Machbarkeitsstudie zur Umsetzung der Mikromorph Zelle.** (RA+RF)
- [71] Ch. Roecker, LESO - EPF Lausanne: **PVSYST 3.0.** (RA), <http://lesomail.epfl.ch>
- [72] B. Bezençon, Atlantis Solar Systeme AG, Bern: **Autonome 3,1 kWp Dachintegration.** <http://www.atlantisenergy.com>
- [73] R. Durot, Zagsolar, Reussbühl: **Photovoltaik Aussenisolationselemente.**
- [74] Ch. Meier, Energiebüro, Zürich: **Modulaufständigung SOLight.**
- [75] P. Toggweiler, Enecolo AG, Mönchaltorf: **SOLRIF; Rahmen für Standardmodule für Dachintegration.** <http://www.solarstrom.ch>
- [76] S. Kropf, Ebikon: **Multifunktionale Gebäudehüllen, PV-hybrid Dach.**
- [77] Ch. Meier, Energiebüro, Zürich: **GRS, garantierte Resultate bei PV-Systemen.**
- [78] Ch. Roecker, J. Bonvin, LESO - EPF Lausanne : **Installation-pilote PV sur toit plat à base de nouveaux supports en fibro-ciment.** (SB)
- [79] P.-J. Duc, M. Maurer, Ecole d'Ingénieurs du Valais, Sion : **Installation PV au centre d'entretien de l'autoroute N9 à Sierre.** (SB)

10. Bibliographie

- [80] DB TISO, LEE, SUPSI, à obtenir chez TISO-LEE, SUPSI, 6952 Canobbio, Fax 091 942 88 65
- [81] Buy-back rates for grid-connected PV power systems, IEA PVPS Task I, 1997 2
- [82] Photovoltaic power systems in competitive electricity markets, IEA PVPS Task I, 1998 3
- [83] Environmental aspects of PV power systems, IEA PVPS Task I, 1998 4
- [84] Photovoltaic components and systems – Status of R&D in IEA countries 1985–1995, IEA PVPS Task I, 1998 5
- [85] Swiss national report on PV power applications, P. Hüsler, Nova Energie, 1998
- [86] Measuring and monitoring approaches, IEA PVPS Task II, 1998 2
- [87] Stand alone PV applications – Lessons learned, IEA PVPS Task III, 1998
- [88] Charge Controllers, IEA PVPS Task III, 1998
- [89] Batteries Guide, IEA PVPS Task III, 1998
- [90] Stand alone PV systems - Slide collection, IEA PVPS Task III, 1998
- [91] Building integrated PV systems - Slide collection, IEA PVPS Task VII, 1999
- [92] Die 2. PV-Weltkonferenz aus Schweizer Sicht, Ed. S. Nowak, BFE, 1998
- [93] Nationale PV-Tagung 1998, les documents sont à obtenir chez VSE, Gerbergasse 5, 8023 Zürich, Fax 01 221 04 42

11. Pour plus amples informations

De plus amples informations vous seront données par la direction du programme:

Dr. Stefan Nowak, NET Nowak Energie & Technologie AG, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, Schweiz
Tel ++41 26 494 00 30, FAX ++41 26 494 00 34, Email stefan.nowak.net@bluewin.ch

Traduction :
ENET
Monsieur J.-M. Suter
Thunstrasse 115
3006 Berne

12. Abréviations utilisées

Institutions de financement

AfB	Amt für Bundesbauten
FOGA	Forschungs-, Entwicklungs- und Förderfonds der schweizerischen Gasindustrie
P+D	Pilot et Demonstration
PSEL	Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft

Institutions publiques

ATAL	Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich
BAWI	Bundesamt für Aussenwirtschaft
BBT	Bundesamt für Berufsbildung und Technologie
BBW	Bundesamt für Bildung und Wissenschaft
CRPP	Centre de Recherche en Physique des Plasmas EPFL
EAWAG	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
EICN	Ecole d'Ingénieurs du Canton de Neuchâtel
EISI	Ecole d'Ingénieurs de Saint-Imier
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne
ETHZ	Ecole Polytechnique Fédérale Zürich
EWZ	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
ICP	Institut de Chimie Physique EPFL
IMT	Institut de Microtechnique Université Neuchâtel
IQE	Institut für Quantenelektronik ETHZ
LESO	Laboratoire d'Energie Solaire EPFL
PSI	Paul Scherer Institut
SI Lausanne	Services Industriels Lausanne
SUPSI	Haute école spécialisée de la Suisse italienne

Organisations

AIE	Agence Internationale de l'Energie
GAP	Global Approval Programme
PVPS	Photovoltaic Power Systems Implementing Agreement (AIE)
UE	Union Européenne

Institutions privées et entreprises

EWE	Elektrowatt Engineering
NET	Nowak Energie & Technologie
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke