

Avril 2002

# Programme photovoltaïque édition 2002

## Rapport de synthèse 2001

élaboré par:  
**NET Nowak Energie & Technologie SA**



Photo de couverture:

**Mobicat**

(Source: NET SA)

élaboré par:

**NET Nowak Energie & Technologie SA**

Waldweg 8, 1717 St. Ursen (Suisse)

Tél. +41 (0) 26 494 00 30, Fax. +41 (0) 26 494 00 34 [mail.net@bluewin.ch](mailto:mail.net@bluewin.ch)

sur mandat de:

**Office fédéral de l'énergie OFEN**

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

Tél. 031 322 56 11, Fax. 031 323 25 00 [office@bfe.admin.ch](mailto:office@bfe.admin.ch) [www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)

# PHOTOVOLTAÏQUE

## Rapport de synthèse édition 2002

du programme 2001

**Stefan Nowak**  
stefan.nowak.net@bluewin.ch



### **Mobicat**

Une version durable de la mobilité: le plus grand bateau du monde propulsé à l'électricité d'origine solaire glisse silencieusement sur l'eau et bénéficie d'une consommation d'énergie des plus faibles. D'une longueur de 33 m et d'une largeur de 11 m, ce bateau peut transporter 150 personnes. L'énergie électrique nécessaire est produite par une installation photovoltaïque autonome de 20 kW<sub>c</sub>.

(Source: NET SA)



## Table des matières

<b><u>1. Aperçu du programme et objectifs fixés pour 2001</u></b> .....	<b>4</b>
<b><u>2. Travaux réalisés en 2001 et résultats obtenus</u></b> .....	<b>5</b>
<u>Technologie des cellules</u> .....	5
<u>Modules solaires et intégration au bâtiment</u> .....	7
<u>Technique des systèmes électriques</u> .....	8
<u>Études et projets complémentaires</u> .....	10
<u>Coopération internationale AIE, CEI, PV-GAP</u> .....	10
<b><u>3. Coopération nationale</u></b> .....	<b>12</b>
<b><u>4. Coopération internationale</u></b> .....	<b>12</b>
<b><u>5. Projets pilotes et de démonstration</u></b> .....	<b>13</b>
<u>Introduction</u> .....	13
<u>Projets P+D</u> .....	14
<b><u>6. Evaluation 2001 et perspectives 2002</u></b> .....	<b>22</b>
<b><u>7. Liste des projets de recherche et sites internet</u></b> .....	<b>23</b>
<b><u>8. Projets P+D et sites internet</u></b> .....	<b>26</b>
<b><u>9. Bibliographie</u></b> .....	<b>29</b>
<b><u>10. Informations complémentaires</u></b> .....	<b>30</b>
<b><u>11. Abréviations utilisées et sites internet</u></b> .....	<b>30</b>
<b><u>12. Sites internet complémentaires</u></b> .....	<b>32</b>

## 1. Aperçu du programme et objectifs fixés pour 2001

Pour le programme de recherche Photovoltaïque (PV), l'année 2001 s'est distinguée par la concentration des activités sur des projets en rapport avec les applications et la commercialisation, tant au plan national qu'au plan international. Parallèlement, on notera la consolidation de certaines activités, suite à la situation nationale et internationale prévalant sur le marché du photovoltaïque. Plusieurs projets de caractère exploratoire, poursuivant des objectifs à long terme, ont vu leur priorité réduite, tandis que d'autres, plus tournés vers les applications et le court terme, ont reçu une impulsion supplémentaire. Ce faisant, la collaboration avec le secteur privé a été renforcée. Soulignons tout particulièrement les progrès de la mise en œuvre des cellules en couches minces. L'exercice sous revue comporte quelque 80 projets de recherche et projets pilotes et de démonstration (P+D) en cours. Ce nombre comprend tous les projets connus qui bénéficient du soutien des pouvoirs publics; il reste ainsi dans le même ordre de grandeur que l'année précédente, tout comme les moyens engagés.

Conformément au Plan directeur de la recherche photovoltaïque 2000 – 2003 [85] approuvé par la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE), le programme Photovoltaïque englobe les cinq domaines suivants:

### ***Les cellules de l'avenir***

Les travaux consacrés aux **cellules solaires en couches minces** se sont poursuivis pendant l'année sous revue, avec les sujets suivants: cellules au **silicium** (amorphe, microcristallin ou à faible largeur de bande); cellules à base de **semi-conducteurs composés** (CIGS, CdTe); cellules à **colorant**. Pour toutes les technologies, on a continué sans relâche à rechercher des applications pratiques et plusieurs projets se sont concrétisés par la participation d'entreprises privées.

### ***Modules et intégration au bâtiment***

L'**intégration du photovoltaïque** à l'environnement construit constitue encore l'objectif prioritaire des applications visées. Une solution esthétique de bon goût et avantageuse a été réalisée pour les systèmes de montage avancés des modules solaires du commerce, sur toiture plate ou à pans inclinés et en façade. A moyen terme, on cherche à intégrer encore davantage les cellules en couches minces aux éléments de construction.

### ***Technique des systèmes électriques***

L'**assurance qualité** des modules photovoltaïques, des onduleurs et des installations dans leur ensemble est de première importance pour la pratique, tout comme les **observations de longue durée** faites sur ces composants. Des séries de mesures sur plusieurs années sont nécessaires aux évaluations statistiques des différents types d'installation, en particulier pour ce qui concerne l'expérience acquise en cours d'exploitation. Quant à la **standardisation** des produits et des systèmes, avec les **normes** correspondantes, ce sont des sujets qu'il est urgent de traiter, au vu des progrès de la commercialisation du photovoltaïque. Ceci vaut aussi bien pour les installations autonomes que pour celles raccordées au réseau électrique. Autre sujet d'actualité pour les premières d'entre elles: des accumulateurs fiables de longue durée.

### ***Etudes et projets complémentaires***

Ce domaine rassemble des projets dont l'objectif est de faciliter la mise en œuvre d'autres projets ou de créer des **outils** modernes d'aide à la conception et au dimensionnement des installations. 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 se placent au premier plan.

### **Coopération internationale institutionnelle**

La coopération internationale est un pilier central pour tous les domaines. 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. Là également, il faut relever une consolidation des activités en rapport avec une stratégie de plus en plus orientée vers le marché. En ce qui concerne les applications destinées aux pays en voie de développement, l'objectif était une meilleure intégration de ces pays aux réseaux internationaux et aux efforts faits par les pays industrialisés.

## **2. Travaux réalisés en 2001 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 sous revue. Il est réjouissant que des travaux de base puissent trouver plus fréquemment une place au sein du programme TOP NANO 21 du Conseil des EPF. Par ailleurs, le nombre des projets industriels bénéficiant du soutien de la CTI est en augmentation. Le fait que la coopération au sein de projets de l'UE soit monnaie courante témoigne de la compétitivité de la recherche suisse dans le domaine des cellules solaires.

### **Silicium**

Durant l'exercice, l'IMT de l'Université de Neuchâtel a continué à travailler essentiellement sur les **cellules solaires micromorphes** [1] en mettant l'accent sur les étapes et procédés de fabrication déterminants pour l'industrie (Figure 1). Les travaux visent principalement l'amélioration des propriétés des couches transparentes d'oxyde (TCO), les possibilités d'optimisation des combinaisons de couches p-i-n ou n-i-p pour le silicium amorphe, ainsi que la fabrication de mini-modules micromorphes. En voici un résumé. Le dépôt du silicium microcristallin peut se faire dorénavant à la vitesse de 10 Å/s. Quant au rendement initial des cellules amorphes simples avec des couches dans l'ordre p-i-n, il a progressé jusqu'à 10.6%. Pour les cellules micromorphes p-i-n/p-i-n, ce rendement a été porté à 12.3%. Des mesures spectrales ont confirmé l'excellente qualité des TCO à base de ZnO, de fabrication maison. Dans le cas des couches déposées dans l'ordre n-i-p, deux nouvelles couches ont été mises au point pour le contact de la surface inférieure (dos); leurs propriétés optiques (dispersion de la lumière) ont été mesurées. Cette configuration de cellules tandems micromorphes a atteint un rendement initial de 9.6%. Le nouveau projet UE baptisé **DOIT** [2] a permis, au cours de l'exercice, de compléter les travaux sur les cellules solaires micromorphes. L'objectif est ici un mini-module micromorphe de 30 x 30 cm<sup>2</sup> avec un rendement stable de 11%, le rôle principal de l'IMT étant l'application à cette grande surface de la technique VHF de dépôt. En cours d'exercice, le réacteur nécessaire à cette opération a été construit, ce qui a permis de déposer les premières couches, dont l'homogénéité est inférieure à 10%. Avec le soutien de l'ESA, dans le cadre du projet **ASOLANT** [3], le prototype d'une antenne de satellite à cellules solaires intégrées sur substrat de plastique a été fabriqué. Grâce à un design particulier, les modules individuels ont des valeurs de leurs paramètres ( $V_{oc}=6.36$  V,  $I_{sc}=55.8$  mA, FF=0.554) en accord avec les exigences fixées. Ce projet, qui s'est achevé pendant l'exercice, a ainsi démontré que l'utilisation du silicium en couches minces est tout à fait envisageable dans les antennes de satellites.

Le projet conjoint du CRPP de l'EPFL, de l'IMT et d'Unaxis ayant pour objet les **installations de dépôt rapide sur de grandes surfaces** [4] pour les cellules solaires au silicium en couches minces s'est poursuivi pendant l'exercice. Une réplique de l'installation de dépôt à plasma d'Unaxis en service au CRPP a été construite à l'IMT. Dorénavant, les aspects fondamentaux du procédé sont étudiés au CRPP tandis que l'IMT accomplit les travaux en rapport avec les cellules solaires. Il s'agit notamment de la configuration des électrodes du réacteur et de la contamination possible du

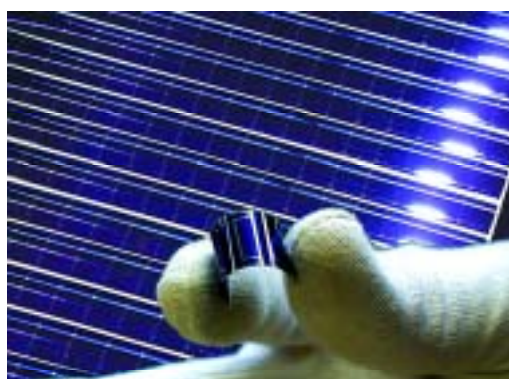
procédé due au système utilisé, qui est à chambre unique. Ce réacteur à l'IMT a produit ses premières cellules solaires.

S'est achevé pendant l'exercice le projet CTI-start-up de la HES du Locle et de VHF-Technologies, consacré au développement d'un **procédé de fabrication en continu** [5] de cellules solaires amorphes sur substrat de plastique. Toutes les couches sont déposées en un seul passage. La capacité de dépôt obtenue est de 2000 m<sup>2</sup> par année, sur un substrat de polyimide de 30 cm de largeur. Le ruban produit jusqu'ici a une longueur de 30 m et un rendement de 3 à 4% (Figure 2).

Le PSI a poursuivi son projet de développement de **cellules à faible largeur de bande interdite** [6], prévues pour des applications thermo-photovoltaïques. Les travaux relatifs aux cellules photovoltaïques ont porté principalement sur des aspects fondamentaux de structures „à puits quantique“ (*quantum well*) de SiGe préparées par CVD dans un réacteur à ultraviolet.



**Figure 1:** Réacteurs à plasma de l'IMT  
(Source: IMT)



**Figure 2:** Cellules solaires souples de VHF Technologies  
(Source: VHF Technologies)

### **Composés II-VI (CIGS, CdTe)**

L'Unité de Physique des couches minces de l'EPFZ a poursuivi divers projets de l'UE relatifs aux cellules solaires à base de semi-conducteurs composés. Le projet **CADBACK** [7] étudie l'optimisation du contact à la surface inférieure (dos) de la cellule. Avec des couches tampons de Sb ou de Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> et des couches de contact de Mo sur le dos, les cellules au CdTe ont atteint un rendement d'environ 12%. Des essais de vieillissement accéléré ont montré que leur stabilité était bonne. Ce projet s'est terminé en 2001, tout comme le projet **FLEXIS** [8] consacré aux cellules CIGS sur substrat souple (polyimide). Une nouveauté dans ce projet: le dépôt par le procédé *lift-off* en un seul temps a été remplacé par un autre en trois temps (dépôt provisoire sur du verre), à la température de 450 °C, plus basse que pour le premier procédé; le résultat est un rendement de 14%. Un nouveau projet de l'UE, du nom de **PROCIS** [9], étudie les aspects en rapport avec la fabrication des cellules CIGS sur de grandes surfaces, à savoir l'abaissement de la température de dépôt et les couches tampons (p.ex. CdS, ZnS, ZnSe) compatibles avec les procédés sous vide. Les résultats des premiers essais avec des couches CdS préparées par le procédé PVD (Physical Vapor Deposition) sont positifs, tandis que ceux utilisant du ZnS le sont moins pour l'instant. L'examen des propriétés structurelles des couches créées par le procédé en trois temps du projet FLEXIS s'est poursuivi dans le cadre du projet PROCIS.

Dans le cadre du programme TOP NANO 21, le nouveau projet **NANOCIS** [10] est consacré à la recherche de nouveaux procédés pour les cellules CIGS, basés sur des nanoparticules. On désire démontrer qu'il existe des procédés de fabrication simplifiés, et donc plus avantageux. Dans un premier temps, les différentes couches ont été préparées à l'aide de précurseurs adéquats et leur structure a été caractérisée.



### **Cellules à colorant**

Le développement de **cellules solaires nanocristallines** à colorant activateur [11] s'est poursuivie à l'ICP de l'EPFL. Dans l'année sous revue, les travaux sur les hétéro-jonctions solides ont progressé; ils ont permis la fabrication de cellules photovoltaïques. Ces travaux sont, dès maintenant, partie intégrante d'un projet rattaché au programme TOP NANO 21 [12]. Dans un autre projet de ce même programme, on met au point, en collaboration avec Greatcell Solar, des **applications** de la cellule à colorant destinées à une utilisation **à l'intérieur des bâtiments** [13]. Par ailleurs, les **mesures en plein air** de cellules solaires à colorant activateur se sont poursuivies dans un projet du PSEL [14], avec pour objectif la description du comportement de ces cellules en conditions réelles, notamment sous l'effet du rayonnement UV. Une première série de mesures en plein air a été réalisée au PSI.

De son côté, Solaronix a terminé les travaux sur la stabilité à long terme [15] des cellules à colorant, objet du projet **LOTS-DCS** de l'UE. Il en ressort que la stabilité de ces cellules au rayonnement UV dépend beaucoup de l'électrolyte et qu'elle peut être améliorée par des additifs; sur la base de cycles thermiques jusqu'à 60 °C, on a effectué une projection à 5 ans qui démontre que la durée de vie en plein air devrait dépasser cette valeur. C'est un premier pas vers un module solaire pour des applications en plein air prévues pour plus de 20 ans.

### **Cellules solaires pour les antennes**

L'Université de Berne a poursuivi ses recherches fondamentales sur les **cellules solaires destinées aux 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.

### **Modules solaires et intégration au bâtiment**

Au LESO de l'EPFL, le projet **PV en face!** [17] de l'UE est arrivé à son terme pendant l'exercice; il avait pour objet de nouvelles solutions d'intégration en façade. La phase de conception et de design du produit Solface s'étant achevée l'année précédente, on a passé à la mise en œuvre. Des négociations ont eu lieu avec les deux entreprises suisses de la construction métallique qui avaient manifesté de l'intérêt pour ces applications. Une première façade (Figure 3) a été construite sur le DEMOSITE de l'EPFL. La prochaine étape sera de trouver une façade adaptée à la réalisation d'un projet pilote.

Le projet **DEMOSITE** [18] présente côte à côte de nombreuses variantes d'intégration du photovoltaïque en toiture (plate ou à pans inclinés) et en façade. C'est un projet international intégré à la Tâche 7 du programme AIE PVPS. La comparaison dans des conditions proches de la pratique a permis, en cours de projet, de proposer différents produits ou solutions et d'améliorer l'un ou l'autre. Dans l'exercice sous revue, quatre nouveaux sites de démonstration ont été aménagés: Solgreen II, Solface (Figure 3), Freestyle (Figure 4) et Kawneer. Une description détaillée du projet et des solutions présentées est disponible sur Internet ([www.demosite.ch](http://www.demosite.ch)). Il s'agit aussi de pousser la formation continue en matière d'intégration du photovoltaïque au bâtiment par le biais d'un cours utilisant Internet.



**Figure 3:** La façade photovoltaïque Solface (Demosite) (Source: LESO / EPFL)



**Figure 4:** La toiture photovoltaïque Freestyle (Demosite) (Source: LESO / EPFL)

Enecolo continue à participer au projet **ENERBUILD** [19] de l'UE destiné à répertorier, sous la forme du réseau thématique [www.enerbuild.net](http://www.enerbuild.net), les activités R&D en cours en rapport avec l'énergie dans le bâtiment; il vise aussi le renforcement de la collaboration en la matière. Enecolo y est responsable du thème du photovoltaïque dans le bâtiment. L'année sous revue a vu la constitution d'un répertoire des activités en cours en Europe sur le sujet de l'intégration du photovoltaïque au bâtiment; on en a tiré une première série de propositions de stratégies futures ainsi qu'une évaluation des dispositions à prendre.

Après la faillite d'Atlantis, l'entreprise Swiss Sustainable Systems qui lui a succédé a pris le relais de la participation suisse au projet **HIPERB** [20] de l'UE. Il vise l'utilisation de cellules CIGS dans des systèmes de toitures et de façades et donne ainsi à ces cellules en couches minces une place parmi les techniques d'intégration du photovoltaïque au bâtiment.

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 systèmes électriques

Comme jusqu'ici, les **thèmes principaux de la technique des systèmes électriques** sont l'assurance qualité des composants (modules, onduleurs), des systèmes (dimensionnement, apport 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, spécialement à cause de la croissance rapide du marché. On a constaté qu'il fallait agir particulièrement au niveau des normes actuelles pour les systèmes photovoltaïques ainsi que dans le domaine de l'assurance qualité où l'on n'avance qu'à pas comptés. 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 continué la phase la plus récente du projet relatif à **l'assurance qualité et à l'apport énergétique des modules photovoltaïques** [21]. Le 7<sup>e</sup> cycle des essais, qui a porté sur 17 modules solaires, est terminé et une 8<sup>e</sup> série de mesures portant sur 12 autres types de modules (4 mc-Si, 5 pc-Si, 2 a-Si, 1 CIS) a commencé. La procédure de mesure a été adaptée de manière à prendre en compte la dégradation qui se produit pendant les premières heures de service. Les mesures détaillées débutent dorénavant après une exposition préalable à une irradiation d'au moins 20 kWh/m<sup>2</sup>. Un organisme accrédité a certifié selon ISO 17025 le simulateur solaire de classe A installé l'année précédente, pour les mesures de la caractéristique courant-tension à la température de 25 °C et pour une irradianance de 1000 W/m<sup>2</sup>. Des mesures selon la norme IEC 60904-1 sont désormais possibles. La précision est de ± 2.0%. Pendant l'année 2001, un millier de mesures de modules ont été effectuées, dont 10%

pour le compte de clients de l'extérieur. Les mesures faites sur les trois installations photovoltaïques du LEEE-TISO se sont poursuivies. Un nouveau bulletin d'information LEEE News [86] publie dernières nouvelles et résultats récents. En 2001, le Prix solaire suisse a été décerné au LEEE-TISO pour ses travaux sur le photovoltaïque pendant de longues années.

Dans le cadre du projet **MTBF-PV** [22] de l'UE, mené conjointement par le LEEE-TISO et le Centre européen d'essai ESTI à Ispra, 252 modules de la première installation du LEEE-TISO (10 kW<sub>c</sub>, 1982) – elle a donc bientôt 20 ans – ont fait l'objet de mesures détaillées au simulateur solaire. Fait remarquable: 59% d'entre eux manifestent une baisse de puissance inférieure à 10% par rapport à la valeur nominale, malgré des dégradations visibles à l'œil nu (jaunissement, délamination, etc.). Cette constatation permet de conclure que la majorité des modules est conforme aux indications du fabricant, même après 20 ans. Certains modules ou cellules ont été soumis à un examen approfondi basé sur la caractéristique courant-tension, une analyse à la caméra infrarouge et des mesures de vieillissement accéléré.

Le PSI a poursuivi ses mesures en **conditions réelles d'exploitation** [37]; l'analyse détaillée permet de paramétrer la production d'énergie à charge partielle des modules photovoltaïques. Au printemps 2002, un **atelier** organisé par Enecolo [38] approfondira le sujet.

Avec le soutien de la Société Mont-Soleil, de Localnet SA, des Entreprises électriques du Birseck (BL) et de l'OFEN, le Laboratoire photovoltaïque de la HES de Berthoud a continué le projet consacré au **comportement à long terme des installations photovoltaïques raccordées au réseau** [23]. 38 installations comptant 51 onduleurs sont surveillées à distance. L'année en cours a permis d'inclure l'installation de 560 kW<sub>c</sub> sise sur le Mont-Soleil au programme de mesures détaillées de la HES de Berthoud. Il semble que l'amélioration constante observée ces dernières années au chapitre de la disponibilité des onduleurs ait atteint son plafond. Le Laboratoire photovoltaïque de la HES de Berthoud a effectué aussi certains travaux supplémentaires dans la ligne du projet européen **PV-EMI** [24] qui s'était terminé l'année précédente. Il s'agit de la modélisation du réseau à l'aide de courant continu, proposée au cours de ce projet, et de la formulation, sur la base des résultats des mesures, d'une autre proposition concernant l'impédance dans cette même modélisation. De plus, la HES de Berthoud a construit un simulateur de générateur photovoltaïque de 25 kW destiné aux essais des onduleurs (Figure 5).

Dans le nouveau projet **INVESTIRE** [25] de l'UE, Dynatex collabore à l'évaluation à grande échelle des techniques de stockage applicables aux énergies renouvelables et, plus spécialement, aux installations photovoltaïques autonomes; ses partenaires de projet sont 19 entreprises et 15 laboratoires de recherche. L'analyse porte sur un total de 9 techniques de stockage, 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. Chaque technique est caractérisée par des conditions d'application spécifiques; les possibilités de développement varient de l'une à l'autre. Les participants au projet en déduisent les dispositions qu'ils estiment nécessaire de prendre à l'avenir dans chaque cas.



**Figure 5:** Le simulateur de générateur photovoltaïque de 25 kW de la HES de Berthoud (Source: HES de Berthoud)

## Études et projets complémentaires

Enecolo et ses partenaires ont achevé pendant l'exercice le projet **PVSAT** [26] de l'UE consacré à la surveillance à distance des installations photovoltaïques. La méthode mise au point a été validée à l'aide d'une cinquantaine d'installations des Pays-Bas, d'Allemagne et de Suisse. Pour 60% d'entre elles, l'écart entre l'énergie produite prévue et sa valeur mesurée était inférieur à  $\pm 10\%$ . Pour les autres, les raisons d'un écart plus grand sont multiples; on a pu les identifier partiellement. Le procédé va maintenant être utilisé par un fabricant de matériel photovoltaïque pour son contrôle de la qualité.

Meteotest participe au projet **SoDa** [27] de l'UE dont l'objectif est de mettre à disposition de tout intéressé, par le biais d'Internet (<http://soda.jrc.it>), un certain nombre de données de météorologie solaire du monde entier. Actuellement, les algorithmes nécessaires sont mis au point sur la base de l'Atlas européen du rayonnement, de Meteororm [87] et de Satelight [88].

Le CUEPE de l'Université de Genève participe au projet **Heliosat 3** [28] de l'UE, dans lequel on utilise des mesures faites par Meteosat pour en déduire des données spécifiques à l'utilisation énergétique du rayonnement solaire.

Le PSI a continué les travaux de caractère systémique en rapport avec le **thermo-photovoltaïque** [6]. Pendant l'exercice, l'étude des différents composants placés dans un petit prototype de brûleur, puis dans un plus grand (20 kW), s'est poursuivie; un modèle de simulation a été mis au point. Une estimation des coûts a complété ces travaux. La première application envisagée est le fonctionnement autonome des chaudières grâce au courant électrique produit.

Le projet **MSG: Multi-user solar hybrid grids** [29] de l'UE, auquel l'Université de Zurich participe, s'est poursuivi pendant l'exercice. Il vise à analyser les aspects sociologiques de l'électrification solaire de villages éloignés du réseau. Un modèle de simulation du comportement social a été adapté aux exigences du projet. Il décrit l'interaction entre des données physiques, telles que l'état de charge des batteries, et les aspects sociaux.

## Coopération 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 (ExCo). Succédant à l'Italie et aux Pays-Bas, la Suisse a repris en 2001 la présidence de ce programme mondial. De nombreux rapports et publications parus dans le cadre de ce programme sont disponibles sur son site Internet [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org). Dans l'ensemble, IEA PVPS qualifie l'année 2001 de très productive.

Dans la Tâche 1 IEA PVPS, la Suisse est représentée par Nova Energie; cette société est chargée des **activités d'information** en général [30]. Pendant l'exercice, un nouveau rapport national sur le photovoltaïque en Suisse jusqu'en 2000 a été préparé [89]. Il a servi de base à la sixième édition du rapport annuel international sur l'évolution des marchés du photovoltaïque dans les pays de l'AIE [90]. Ce rapport est souvent cité; il est devenu une référence en la matière. Par ailleurs, le bulletin d'information IEA PVPS-Newsletter [91] renseigne sur les travaux du programme IEA PVPS et tout ce qui l'entoure. Pendant l'exercice, un nouveau rapport a paru sur le sujet des plus-values apportées par les installations photovoltaïques (added values of photovoltaic power systems) [92].

C'est TNC qui fait office d'expert suisse dans la Tâche 2 sur les **expériences d'exploitation** [31]. Au cours de l'exercice sous revue, la banque de données PVPS Performance Database [93] répertoriant 256 installations photovoltaïques de 11 pays (au total plus de 8000 mois de données d'exploitation) a été distribuée à l'échelle internationale. Un atelier [94] a eu lieu à Munich dans le cadre de ce projet à l'occasion de la 17<sup>e</sup> Conférence européenne du photovoltaïque, il était consacré au comportement des installations photovoltaïques, à leur fiabilité et à leur dimensionnement.

Dynatex participe aux travaux de la Tâche 3 sur les **installations non raccordées au réseau** [32]. 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'élaboration d'une série de rapports a continué pendant l'exercice, si bien que les versions définitives de ces documents devraient être prêtes dans le courant de 2002.

Le Service de l'électricité de la Ville de Zurich (ewz) assure la participation suisse à la Tâche 5, qui traite de questions techniques relatives au **raccordement au réseau** [33] des installations photovoltaïques. Ce projet se terminera sous peu par la publication d'une série de documents finaux. On dispose maintenant d'une foule de renseignements utiles sur les prescriptions en rapport avec le raccordement des installations photovoltaïques au réseau, sur les conséquences d'une déconnexion éventuelle de ce réseau et sur celles de la présence d'un grand nombre d'installations photovoltaïques dans un réseau; les chercheurs se sont notamment demandé combien d'installations PV pouvaient être présentes dans un réseau avec la technique actuelle sans y causer de problème. Ces informations peuvent aussi s'appliquer, au moins en partie, à d'autres systèmes décentralisés de production d'énergie. Ce projet s'est terminé en janvier 2002 par un atelier international aux Pays-Bas [95].

La Tâche 7 sur l'**intégration du photovoltaïque à l'environnement construit** [34] est gérée par Enecolo. Une banque de données recensant 450 projets d'intégration architecturale peut être consultée sur Internet à l'adresse [www.task7.org](http://www.task7.org). Par ailleurs, la nouvelle banque de données [www.pvdatabase.com](http://www.pvdatabase.com) présente les produits et les applications du photovoltaïque à l'environnement construit. L'année sous revue a vu la publication d'un rapport sur les applications aux structures autres que les bâtiments [96]. La Tâche 7 IEA PVPS va aussi arriver à son terme dans peu de temps; une série de documents finaux seront disponibles, dont notamment une collection de 15 projets particuliers présentés sous la forme d'études de cas. Un nouvel ouvrage [97] fait le point des connaissances les plus récentes en matière d'intégration du photovoltaïque au bâtiment. La Tâche 7 peut se prévaloir d'avoir enrichi ce sujet sous plus d'un aspect. En ce moment, le Comité exécutif IEA PVPS discute du lancement, après la conclusion de ce projet, d'une nouvelle Tâche 10 dans le même ordre d'idées. Pourtant, il ne s'agira pas simplement de poursuivre la Tâche 7. Au contraire, les questions abordées, le savoir-faire requis en conséquence et les domaines de travail seront redéfinis dans le cadre d'une nouvelle procédure.

Dans le cadre du projet Drehscheibe Photovoltaik Entwicklungszusammenarbeit 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** [35]. Actuellement, un certain nombre de publications finales ont atteint, dans plusieurs secteurs, le stade de projet avancé. La formulation de recommandations en vue de l'application du photovoltaïque dans les pays en voie de développement a ainsi fait de grands progrès. Les premiers résultats définitifs sont attendus dans le courant de 2002. Dans ce projet, la Suisse est responsable de la coordination des travaux avec diverses organisations bilatérales et multilatérales. Au plan national, on cherche à associer plus étroitement les entreprises suisses du photovoltaïque à ce domaine important. C'est pourquoi un atelier national a été organisé pendant l'année sous revue sur le thème Photovoltaik Entwicklungszusammenarbeit (PV EZA), avec le soutien de l'OFEFP, du seco et de la DDC. Il s'agit d'encourager la mise sur pied de projets PV EZA avec une participation suisse, par des exemples concrets et le recours au financement international (p.ex. Global Environmental Facility – GEF, ou Solar Development Group – SDG). Un projet pilote dans ce sens est encouragé par l'OFEFP [39].

Alpha Real représente la Suisse au sein du Comité technique 82 du CEI, où cette entreprise dirige le Groupe de travail chargé d'élaborer et d'adopter les **propositions de normes** internationales pour les systèmes photovoltaïques [72]. Alpha Real participe par ailleurs au **PV-GAP (PV Global Approval Program)** [36], un programme mondial d'assurance qualité et de certification des systèmes photovoltaïques. L'exercice a été marqué par des progrès en ce qui concerne l'acceptation de PV-GAP par les milieux de l'industrie et de la finance. Il subsiste par contre encore des divergences entre certains membres du CEI et leurs collègues de PV-GAP, ce qui retarde en partie la mise en œuvre des dispositions nécessaires à la normalisation et à l'assurance qualité.

### 3. Coopération nationale

Les projets et manifestations ont permis d'affiner la coopération au niveau national entre les divers acteurs. La collaboration avec l'industrie a donné naissance à de nouveaux projets. L'intérêt pour le photovoltaïque se maintient malgré un marché suisse en stagnation; mais il faut ajouter que des restructurations sont en cours parmi les nombreux acteurs, dont certains recherchent plus qu'auparavant une coopération avec des partenaires étrangers. D'une manière générale, on constate une tendance à s'aligner sur le marché international. En 2001 également, des ateliers à thèmes spécifiques ont stimulé les échanges.

Au niveau de la direction du programme, on a pu élargir les relations avec les nombreux services et offices cantonaux et fédéraux et les compagnies d'électricité. Il faut par ailleurs relever ici les échanges constants 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. Dans l'ensemble, ceci a permis de renforcer l'assise du programme Photovoltaïque et de ses activités.

### 4. Coopération internationale

La riche tradition en matière de coopération internationale n'a pas manqué d'être entretenue au cours de 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 ont aussi permis de poursuivre la collaboration au sein de l'UE: en 2001, on dénombrait 16 projets de recherche et 4 projets dans le programme Energie de l'UE. D'autres projets sont encore réalisés dans le cadre des programmes Altener, avec l'ESA et au sein du programme IST de l'UE. Malheureusement, la ratification des accords bilatéraux avec l'UE s'est encore fait attendre, avec pour conséquence le fait qu'il est aujourd'hui encore impossible d'améliorer la position des partenaires suisses au sein des projets de l'UE. Dans ce contexte, des contacts réguliers ont lieu avec les services responsables de Bruxelles. Le nouveau projet **PV-EC-NET** [40] de l'UE devrait encore renforcer le réseau des différents programmes photovoltaïques nationaux à partir de 2002. D'autres contacts ont été entretenus avec des organismes internationaux en rapport avec la coopération au développement (entre autres: Banque mondiale, GEF, IFC, UNDP, GTZ, KfW). De manière générale, on peut constater qu'en dépit des conditions actuelles sur le marché intérieur, la Suisse jouit toujours d'une bonne position dans l'environnement photovoltaïque international.

## 5. Projets pilotes et de démonstration

### Introduction

Pour l'an 2001, on dénombre 45 projets P+D en cours dans le domaine photovoltaïque. On peut y ajouter, comme d'habitude, un certain nombre de projets P+D qui se trouvaient au début de 2002 en phase finale de clarification. Les activités P+D couvrent les domaines suivants: installations pilotes, études et outils d'aide à la conception, développement de composants, campagnes de mesures. Par rapport à l'année précédente, les essais pilotes grandeur nature de nouveaux composants sur des installations P+D ont une nouvelle fois été renforcés et constituent sans conteste un point fort. L'augmentation enregistrée concernait surtout la thématique des **installations photovoltaïques intégrées au bâtiment**, à laquelle se sont rattachés pendant l'année sous revue deux projets sur trois. Les autres projets concernent la technologie des onduleurs, la protection contre le bruit, les installations indépendantes (non intégrées à un bâtiment), des mesures sur diverses installations, l'assurance qualité et les aides à la conception PV.

Plusieurs produits suisses ayant leurs racines dans différents projets P+D ont continué à gagner des parts de marché en Europe, notamment des onduleurs (Figure 6) et des systèmes d'intégration et de fixation des modules. Le succès des deux systèmes de montage SOLRIF et AluTec / AluVer, qu'on devinait au début de l'an passé, s'est parfaitement confirmé. Jusqu'à la fin de 2001, des profilés SOLRIF pour modules PV [82] (Figure 7) ont été livrés dans l'Europe entière pour une puissance de crête d'environ 2 MW<sub>c</sub>; de son côté, le système AluTec / AluVer (Figure 8) [48] a même dépassé les 3 MW<sub>c</sub> vendus. L'évolution observée pour ces deux systèmes laisse prévoir des chiffres d'affaires comparables voire supérieurs pour l'année en cours. Ces systèmes se placent donc parmi les développements P+D de ces dernières années ayant rencontré le plus grand succès.



**Figure 6:** Ces dernières années, les onduleurs de la société Sputnik Engineering se sont fait une place sur le marché européen (Source: NET SA)



**Figure 7:** Intégration en toiture sur toute la surface, avec SOLRIF (Source: Enecolo SA)



**Figure 8:** Intégration en toiture aux Pays-Bas, avec AluTec / AluVer (Source: NET SA)

## Projets P+D

### Nouveaux projets P+D

11 projets nouveaux ont débuté en 2001 dans le cadre du programme P+D photovoltaïque. Une grande partie d'entre eux concerne l'intégration du photovoltaïque au bâtiment, principalement en toiture. La réalisation de l'immeuble à plusieurs appartements Sunny Woods [52] (Figure 9) à Zurich selon le standard de la "maison passive" a soulevé un intérêt considérable; toute la toiture est recouverte de cellules amorphes constituant une installation PV de 16 kW<sub>c</sub> entièrement intégrée. La campagne de mesures détaillées prévue par ce projet a commencé en mars 2002; les premiers résultats d'exploitation précis sont attendus pour la fin de 2002. Il sera intéressant de connaître les réactions de la population à cette toiture PV située en plein cœur de la zone protégée du "village" de Wettingen (AG) [83] (Figure 10). De même pour les installations photovoltaïques intégrées aux toitures-jardins, représentées dans le programme P+D notamment par la centrale Solgreen 1 à Zurich [54] (Figure 11).



**Figure 9:** Installation PV 'Sunny Woods' à cellules amorphes triples (Source: bureau d'architecture Kämpfen)



**Figure 10:** Intégration en toiture avec SOLRIF à Wettingen (Source: H.-D. Koepfel)



**Figure 11:** La centrale Solgreen 1 à Zurich (Source: Enecolo SA)



## Les projets lancés en 2001 comprennent:

### Installations

- ◆ Intégration PV en toiture à Wettingen, de 12.75 kW<sub>c</sub> (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. Koeppel, copropriétaires, et Energiebüro) [83], Figure 10
- ◆ Newtech, comparaison de trois installations de 1 kW<sub>c</sub> (comparaison directe de trois installations équipées de cellules en couches minces de types différents – cellules tandems amorphes, cellules amorphes triples, cellules CIS; direction: HES de Berthoud) [71]
- ◆ Centrale Solgreen 1 de 25 kW<sub>c</sub> à Zurich, intégration en toiture-jardin (utilisation expérimentale d'une nouvelle construction pour la fixation de modules sur une toiture-jardin; direction: Enecolo SA) [54], Figure 11
- ◆ Intégration en toiture Sunny Woods de 16 kW<sub>c</sub> (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) [52], Figure 9
- ◆ Bateau solaire de location Zholar sur le lac de Zurich (catamaran électrique de 6 places avec installation photovoltaïque autonome intégrée de 730 W<sub>c</sub> pour l'alimentation de la propulsion; direction: Groupe régional zurichois de la SSES) [61], Figure 13
- ◆ Installation PV de 16.8 kW<sub>c</sub> à St-Moritz, équipée de modules CIS (utilisation expérimentale de modules de la technologie CIS dans une installation de cette taille, campagne de mesures de grande envergure; direction de la partie Installation: Rätia Energie SA, direction de la partie Mesures: SUPSI-DCT, TISO) [62], Figure 12
- ◆ Installations photovoltaïques du Dock Midfield de l'Aéroport de Zurich, de 275 kW<sub>c</sub>, dont 55 kW<sub>c</sub> au titre d'installation de démonstration (intégration multifonctionnelle du photovoltaïque au bâtiment, y compris la fonction de pare-soleil, exigences particulières de stabilité mécanique des modules; direction: ARGE Zayetta) [63]
- ◆ Photocampa: installations PV pare-soleil multifonctionnelles d'une puissance totale de 318 kW<sub>c</sub> (Parking de l'Étoile, École de cirque, École de Lullier, Dock Midfield de l'Aéroport de Zurich; direction: Windwatt SA) [66]



**Figure 12:** Installation à St-Moritz équipée de modules CIS (Source: TISO)



**Figure 13:** Bateau solaire de location, sur le lac de Zurich (Source: NET SA)

### 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) [84]

### Etudes - Outils d'aide à la conception - Projets divers

- ◆ Quality is the Key of PV Market – accreditation / certification (élaboration de programmes pour l'assurance qualité dans le domaine du photovoltaïque, voir aussi la normalisation [72], un projet Alternar; direction Alpha Real) [79]
- ◆ 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 SA) [78]

### Projets P+D en cours

C'est en juillet 2001 que le catamaran solaire Mobicat [60], Figure 14, a été officiellement inauguré et mis en exploitation; ce bateau peut transporter 150 passagers. Les premiers résultats d'exploitation confirment que sa consommation d'énergie est minime, comme prévu, ce qui permet une propulsion autonome même par mauvais temps ou de nuit pendant plusieurs heures. Les passagers ont été, en général, impressionnés par le glissement quasi silencieux du bateau sur l'eau, un événement inoubliable.

Au chapitre des installations raccordées au réseau, les mesures sur l'installation "Euro-toiture PV" au silicium amorphe [49], Figure 15, confirment la dépendance minime, en fonction de la température, de la tension et donc aussi de l'énergie produite.



**Figure 14:** Inauguration du Mobicat (Source: NET SA)



**Figure 15:** "Euro-toiture PV" Flumroc au silicium amorphe (Source: NET SA)

Dans le cas de l'installation Solgreen de 10 kW<sub>c</sub> à Coire [53], Figure 16, la végétation se développe comme souhaité. La toiture-jardin et l'installation PV s'harmonisent parfaitement; il n'y a pas eu d'effet d'ombrage par des plantes trop hautes. L'expérience acquise en cours de montage a directement profité au perfectionnement du système Solgreen.

L'installation de 80 kW<sub>c</sub> montée sur les parois anti-bruit le long de l'autoroute A1 à Safenwil [56], Figure 17, a été raccordée au réseau à la fin de 2000 et officiellement inaugurée au printemps 2001. La plus grande partie de l'énergie produite a pu être vendue comme électricité d'origine solaire, grâce à l'engagement personnel des membres de l'IG SOLAR de Safenwil.

La première année d'exploitation du système LonWorks de surveillance installé sur l'installation de 260 kW<sub>c</sub> de Felsenau [50], Figure 18, qui compte 68 onduleurs, confirme la bonne stabilité et la fonctionnalité du système. Le dépouillement définitif des données d'exploitation aura lieu à la fin de la période de mesure, au milieu de 2002, avec l'évaluation du projet.



**Figure 16:** Installation Solgreen à Coire (Source: ars solaris hächler)



**Figure 17:** Installation de l'A1 à Safenwil, montée sur des parois anti-bruit (Source: OFEN)

## Les projets en cours sont:

### Installations

- ◆ Héliotrope, 3 installations PV de 2 kW<sub>c</sub> 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: EICN, Le Locle) [57]
- ◆ Installation 'SolGreen' de 10 kW<sub>c</sub> intégrée à une toiture-jardin (nouvelle structure porteuse pour toiture-jardin, intégration en toiture plate; direction: ars solaris hächler) [53], Figure 16
- ◆ Héliotram, installations PV de 800 kW<sub>c</sub> à Lausanne et Genève, à injection directe de courant continu dans le réseau d'alimentation des trams/trolleybus (direction: Sunwatt Bio Energie SA) [65]
- ◆ Installation de 3 kW<sub>c</sub> 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) [58], Figure 19
- ◆ "Euro-toiture" PV de 3 kW<sub>c</sub> au silicium amorphe (toiture PV isolée thermiquement à pièces métalliques emboîtées et à cellules amorphes triples, intégration au bâtiment; direction: PA-MAG Engineering) [49], Figure 15
- ◆ Installation PV de l'A1 à Safenwil, de 80 kW<sub>c</sub>, 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 SA) [56], Figure 17
- ◆ 10 mini-systèmes PV intégrés en toiture (petite installation PV intégrée de 240 W<sub>c</sub>, le plus souvent combinée avec une installation thermique, intégration au bâtiment; direction: Ernst Schweizer Metallbau SA) [51]
- ◆ Bateau de passagers à propulsion électrique assistée PV (catamaran d'une capacité de 150 passagers, avec une installation autonome de 20 kW<sub>c</sub> pour l'alimentation de la propulsion électrique; direction: Minder Energy Consulting) [60], Figure 14, Photo de couverture
- ◆ Installation PV de 260 kW<sub>c</sub> avec onduleurs équipés d'une plate-forme de communication (bus LonWorks (utilisation expérimentale de 68 onduleurs équipés de nœuds LON pour l'échange de données et la surveillance de l'installation; direction: Sputnik Engineering SA) [50], Figure 18



**Figure 18:** Installation de Felsenau avec surveillance LON (Source: NET SA)



**Figure 19:** Installation autonome de l'alpage des Amburnex (Source: Services industriels de Lausanne)

### Développement de composants

- ◆ Ardoise pour toiture Sunplicity (développement d'une ardoise PV pour toiture, de robustesse élevée, de bonne résistance au vieillissement, facile à monter et à câbler; intégration au bâtiment; direction: Alpha Real SA) [44], Figure 20

### Campagnes de mesures

- ◆ Représentation et analyse des résultats de l'installation PV du Rothorn (direction: HES de Coire) [67]
- ◆ Chaîne solaire de 1 mégawatt des Forces motrices du Nord-Est de la Suisse (NOK) (données normalisées 1997 - 2001; direction: Axpo) [68]
- ◆ Campagne de mesures Mark I (installation de 100 kW<sub>c</sub> de l'A13; direction: TNC Consulting SA) [69]
- ◆ installation IBM de 47.5 kW<sub>c</sub> (modules à revêtement de surface antisalissant, installation sur toit plat; direction: awtec SA, Zurich) [70], Figure 21



Figure 20: Stand d'essai des ardoises Sunplicity pour toitures (Source: TISO)



Figure 21: Installation en toiture plate d'IBM à Zurich (Source: NET SA)

### Etudes - Outils d'aide à la conception - Projets divers

- ◆ Normalisation pour les systèmes PV (direction: Alpha Real) [72]
- ◆ Intégration de capteurs combinés solaire thermique/PV aux systèmes pour le bâtiment (direction: S. Kropf, EPF Zurich) [76]
- ◆ Programme PV 2001 Ecoles professionnelles des métiers de l'électricité (direction: TNC Consulting) [A]
- ◆ Statistique photovoltaïque suisse 2000 (direction: Energiebüro) [B]
- ◆ L'électricité solaire des Services industriels 2000/2001 (direction: Linder Kommunikation SA) [C]

### Projets parvenus à leur terme en 2001

Parmi les projets arrivés à leur terme pendant l'exercice, l'installation de 6.4 kW<sub>c</sub> intégrée à la toiture de l'IMT de Neuchâtel [46], qui est équipée de cellules amorphes, s'est signalée par une productivité remarquablement constante et élevée, d'environ 1000 kWh/kW<sub>c</sub> par année, et par son fonctionnement ininterrompu pendant les 5 dernières années. En ce qui concerne l'architecture, ce sont les installations de l'Ecole cantonale de Stadelhofen [59], Figure 22, et les toitures PV en vieille ville d'Unterseen [47], Figure 23, qui ont retenu l'attention. La mise en œuvre pratique, l'un des objectifs principaux du programme P+D orienté vers les applications, est maintenant à l'ordre

du jour, particulièrement pour les projets qui viennent de s'achever dans le domaine des études et des outils d'aide à la conception.

### Les projets P+D suivants ont été achevés en 2001:

#### Installations

- ◆ Installation PV hybride de 7 kW<sub>c</sub> à Domdidier (installation hybride électricité/air chaud, intégration au bâtiment; direction: GEIMESA) [45]
- ◆ Installation de 6.4 kW<sub>c</sub> intégrée à la toiture de l'Institut de Microtechnique à Neuchâtel (éléments PV avec cellules amorphes, intégration au bâtiment; direction: IMT) [46]
- ◆ Trois installations PV de 10 kW<sub>c</sub> montées sur des parois anti-bruit le long de l'autoroute (combinaison "photovoltaïque/protection contre le bruit", 3 installations prototypes; direction: TNC Consulting) [55]
- ◆ Intégration en toiture avec Sunslates, 3 kW<sub>c</sub> (installation autonome, intégration au bâtiment; direction: Atlantis Solar Systeme SA) [80]
- ◆ Installations PV de 23.5 kW<sub>c</sub> de l'Ecole cantonale de Stadelhofen (installations PV sur vitrage isolant, jouant le rôle de pare-soleil; direction: TNC Consulting) [59], Figure 22
- ◆ Toitures PV de 6 kW<sub>c</sub> en vieille ville d'Unterseen (intégration PV à des bâtiments en site protégé; direction: Services industriels d'Interlaken) [47], Figure 23
- ◆ Installation PV du pénitencier de Wauwilermoos (installation PV de démonstration; direction: Service cantonal de l'énergie, Lucerne) [81]
- ◆ Installation de 32 kW<sub>c</sub> de la Coopérative d'électricité de Hünenberg (ZG) (installation PV avec structure porteuse nouvelle particulièrement avantageuse pour modules standard; direction: Urs Bühler Energy Systems and Engineering) [48]
- ◆ 151 petites installations PV raccordées au réseau (petites installations avec onduleurs de chaîne, d'une puissance totale de 200 kW<sub>c</sub>, dont 30 kW<sub>c</sub> en Suisse; direction de la participation suisse: Phébus Suisse) [64]



**Figure 22:** Ecole cantonale de Stadelhofen, Zurich  
(Source: NET SA)



**Figure 23:** Toitures PV en vieille ville d'Unterseen  
(Source: NET SA)

### **Développement de composants**

- ◆ Supports de modules SOLight (structure porteuse légère pour toitures plates; direction: Energiebüro) [42]
- ◆ Optimisation du système Solgreen (optimisation du système en ce qui concerne les coûts, la facilité de montage et le matériel; intégration au bâtiment; direction: Enecolo SA) [43]

### **Etudes - Outils d'aide à la conception - Projets divers**

- ◆ GRS Garantie de résultats solaires, appliquée aux systèmes PV (projet UE Altener, assurance qualité; direction de la participation suisse: Energiebüro) [73]
- ◆ Etude de faisabilité d'une installation photovoltaïque au stade du Wankdorf (éléments de base en vue de la réalisation d'une grande installation PV utilisant la technologie des couches minces, étude; direction: Bureau d'ingénieur Hostettler) [75]
- ◆ HORIZsolar, Phase II (saisie digitale précise de l'horizon et analyse des données en vue d'applications de l'énergie solaire, mise en œuvre, aide à la conception d'installations PV; direction: Energiebüro) [74]
- ◆ PV City Guide, Phase 1: travaux internationaux, rapport final général (installations PV réalisées en milieu urbain; direction de la participation suisse: NET SA) [77]

## 6. Evaluation 2001 et perspectives 2002

Succédant à celle des votations populaires du 24 septembre 2000, l'année 2001 doit être considérée de manière nuancée. Par rapport à 2000, les données 2001 indiquent un marché suisse du photovoltaïque à peu près constant. Le principal moteur du marché reste les bourses d'électricité solaire. Ces dernières ne poussent toutefois pas autant à l'innovation qu'elles ne soutiennent le marché, car la pression qu'elles exercent sur les coûts oblige souvent les intervenants à choisir les solutions les plus simples (il y a des exceptions). La délégation aux cantons de la promotion du photovoltaïque conduit à des différences régionales très marquées. Comme on pouvait s'y attendre, ce contexte est la cause de déplacements au sein des entreprises de la branche, qui procèdent individuellement à une évaluation interne de la situation: tandis que les unes sont critiques face à cette évolution et qu'on a même enregistré une faillite, les autres développent une stratégie de fuite en avant, orientée surtout davantage vers l'étranger. Certaines parmi ces dernières réussissent magnifiquement et leurs produits rencontrent un grand succès. **Globalement, on peut dire que la situation est caractérisée par une consolidation.**

Dans l'ensemble, les ressources financières à la disposition de la recherche, du développement et de la mise en œuvre ont pu être maintenues au niveau des années antérieures. **Mais comme la situation du financement reste tendue, il est absolument indispensable d'en diversifier les sources.** Pendant l'exercice 2001, l'assise du programme Photovoltaïque a pu être élargie. Sous l'angle de la technologie comme dans la perspective de la mise en œuvre et de la collaboration internationale, l'année 2001 peut être qualifiée de succès, ainsi que le prouvent les exemples cités. Le photovoltaïque suisse a participé massivement à la 17<sup>e</sup> Conférence photovoltaïque européenne [98].

Les projets en cours comme ceux qui sont en phase de lancement **laissent bien augurer pour l'année 2002.** Toutefois, la situation financière tendue rend nécessaires la prise en compte systématique des impératifs du marché et la fixation de priorités. Les différents intervenants peuvent aussi contribuer au succès du photovoltaïque suisse en développant des visions et des objectifs communs. Dans le domaine P+D, il faudrait lancer des projets de grande envergure pour obtenir un effet de démonstration bien marqué. Des ateliers spécialisés et le Symposium photovoltaïque suisse de Lugano sont les lieux privilégiés de l'échange d'idées et d'expériences. En 2002, le site Internet du photovoltaïque suisse [www.photovoltaiic.ch](http://www.photovoltaiic.ch) sera pleinement opérationnel.



## 7. Liste des projets de recherche et sites internet

(RA) Rapport annuel 2001 disponible  
(RF) Rapport final disponible

- [1] A. Shah, ([arvind.shah@unine.ch](mailto:arvind.shah@unine.ch)), IMT, UNI-Neuchâtel: **IMT 2000 - 2002 Technologische Weiterentwicklung der mikromorphen Solarzellen** (RA) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [2] A. Shah, ([arvind.shah@unine.ch](mailto:arvind.shah@unine.ch)), IMT, UNI-Neuchâtel: **DOIT: Development of an optimized integrated thin film silicon solar module** (RA) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [3] A. Shah, ([arvind.shah@unine.ch](mailto:arvind.shah@unine.ch)), IMT, UNI-Neuchâtel: **Advanced Solar Antennas (ASOLANT)** (RA) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [4] Ch. Hollenstein, ([christophe.hollenstein@epfl.ch](mailto:christophe.hollenstein@epfl.ch)), CRPP / EPFL-Lausanne: **Large area and high-throughput coating system (PECVD) for silicon thin-film solar cells** (RA)
- [5] D. Fischer, ([info@vhf-technologies.com](mailto:info@vhf-technologies.com)), VHF-Technologies – Le Locle: **Procédé de fabrication industrielle de cellules solaires flexibles sur film plastique mince pour l'alimentation d'appareils électroniques** (RA) / <http://vhf-technologies.com>
- [6] B. Bitnar, ([Bernd.Bitnar@psi.ch](mailto:Bernd.Bitnar@psi.ch)), PSI-Villigen: **Entwicklung thermophotovoltaischer Zellen und Systeme für die Erzeugung von Wärme und Strom** (RA) / <http://www.psi.ch/LMN>
- [7] A.N. Tiwari, ([tiwari@phys.ethz.ch](mailto:tiwari@phys.ethz.ch)), IQE, ETH-Zürich: **CADBACK: The CdTe thin film solar cell - improved back contact** (RA) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [8] A.N. Tiwari, ([tiwari@phys.ethz.ch](mailto:tiwari@phys.ethz.ch)), IQE, ETH-Zürich: **FLEXIS: CIS thin film solar cells on flexible substrates** (RA) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [9] A.N. Tiwari, ([tiwari@phys.ethz.ch](mailto:tiwari@phys.ethz.ch)), IQE, ETH-Zürich: **PROCIS: Production of large are CIS modules** (RA) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [10] A.N. Tiwari, ([tiwari@phys.ethz.ch](mailto:tiwari@phys.ethz.ch)), IQE, ETH-Zürich: **NANOCIS: Nanomaterials for high efficiency and low cost Cu (In,Ga) Se<sub>2</sub> thin film solar cells - TOP NANO 21** (RA) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [11] M. Grätzel ([michael.graetzel@epfl.ch](mailto:michael.graetzel@epfl.ch)), ICP2 / EPF-Lausanne: **Dye sensitised nanocrystalline solar cells** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [12] M. Grätzel ([michael.graetzel@epfl.ch](mailto:michael.graetzel@epfl.ch)), ICP2 / EPF-Lausanne: **Nanocrystalline Flexible Photovoltaic Cells based on Sensitized Heterojunctions - TOP NANO 21** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [13] M. Grätzel ([michael.graetzel@epfl.ch](mailto:michael.graetzel@epfl.ch)), ICP2 / EPF-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 ([michael.graetzel@epfl.ch](mailto:michael.graetzel@epfl.ch)), ICP2 / EPF-Lausanne: **Freiluft - Messungen von Solarzellen neuer Technologie** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>

- [15] T. Meyer, ([toby@solaronix.com](mailto:toby@solaronix.com)), SOLARONIX, Aubonne: **LOTS-DSC (Longterm stability of dye-sensitized solar cells for large area power applications)** (RA) / <http://www.solaronix.ch/>
- [16] G. Calzaferri, ([gion.calzaferri@iac.unibe.ch](mailto:gion.calzaferri@iac.unibe.ch)), UNI-Bern: **Photochemische, Photoelektrochemische und Photovoltaische Umwandlung und Speicherung von Sonnenenergie** (RA) / <http://iacrs1.unibe.ch>
- [17] Ch. Roecker, ([christian.roecker@epfl.ch](mailto:christian.roecker@epfl.ch)), LESO / EPF-Lausanne: **PV en face! Low-cost, high-quality concepts for facade integrated PV systems** (RA) / <http://lesomail.epfl.ch/>
- [18] Ch. Roecker, ([christian.roecker@epfl.ch](mailto:christian.roecker@epfl.ch)), LESO / EPF-Lausanne: **Demosite 2000 - 2002 Demosite and Demosite Flat Roofs (phase IV)** <http://www.demosite.ch> (RA) / <http://lesomail.epfl.ch/>
- [19] P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), ENECOLO - Mönchaltorf: **EnerBuild RTD: Energy in the built environment** <http://www.enerbuild.net> (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [20] P. Hofer, ([ho@3-s.ch](mailto:ho@3-s.ch)), 3S – Bern: **HIPERB: High performance photovoltaics in buildings** (RA) /
- [21] D. Chianese, ([domenico.chianese@dct.supsi.ch](mailto:domenico.chianese@dct.supsi.ch)), LEEE, SUPSI - DCT, Canobbio: **TISO 2000 - 2002 Qualità e resa energetica di moduli ed impianti fotovoltaici** (RA) / <http://leee.dct.supsi.ch>
- [22] D. Chianese, ([domenico.chianese@dct.supsi.ch](mailto:domenico.chianese@dct.supsi.ch)), LEEE, SUPSI - DCT, Canobbio: **SO-LAREC Mean time before failure of photovoltaic modules (MTBF-PVm)** (RA) / <http://leee.dct.supsi.ch>
- [23] H. Häberlin, ([heinrich.haeberlin@hta-bu.bfh.ch](mailto:heinrich.haeberlin@hta-bu.bfh.ch)), HTA-Burgdorf: **Langzeitverhalten von netzgekoppelten PV-Anlagen 2** (RA) / <http://www.hta-bu.bfh.ch/e/pv/pv-indd.htm>
- [24] H. Häberlin, ([heinrich.haeberlin@hta-bu.bfh.ch](mailto:heinrich.haeberlin@hta-bu.bfh.ch)), HTA-Burgdorf: **PV-EMI: Development of standard test procedures for electromagnetic interference (EMI) tests and evaluations on PV components and plants** (RA) / <http://www.hta-bu.bfh.ch/e/pv/pv-indd.htm>
- [25] M. Villoz, ([mvilloz@dynatex.ch](mailto:mvilloz@dynatex.ch)), DYNATEX - Colombier: **INVESTIRE: Investigation on storage technologies for intermittent renewable energies: evaluation and recommended R&D strategy** (RA) /
- [26] P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), ENECOLO - Mönchaltorf: **PVSAT: Remote performance check for grid connected PV systems using satellite data** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [27] S. Kunz, ([remund@meteotest.ch](mailto:remund@meteotest.ch)), Meteotest - Bern: **SoDa: Integration and Exploitation of networked Solar Radiation Databases** <http://soda.jrc.it> (RA) / <http://www.meteotest.ch>
- [28] P. Ineichen, ([pierre.ineichen@cuepe.unige.ch](mailto:pierre.ineichen@cuepe.unige.ch)), CUEPE - Genève: **HELIOSAT-3: Energy-Specific Solar Radiation Data from Meteosat Second** (RA) / <http://www.unige.ch/cuepe/intro.htm>
- [29] H.-J. Mosler, ([mosler@sozpsy.unizh.ch](mailto:mosler@sozpsy.unizh.ch)), Universität – Zürich: **MSG: Combined project on multi-user solar hybrid grids** (RA) / <http://www.sozpsy.unizh.ch/sozpsy-gutscher.html>

- [30] P. Hüsser, ([pius.huesser@novaenergie.ch](mailto:pius.huesser@novaenergie.ch)), NOVA ENERGIE, Aarau: **Schweizer Beitrag zum IEA PVPS Programm, Task 1** (RA) / <http://www.novaenergie.ch/>
- [31] Th. Nordmann, ([nordmann@tnc.ch](mailto:nordmann@tnc.ch)), TNC CONSULTING - Männedorf: **Schweizer Beitrag zum IEA PVPS Programm, Task 2** (RA) / <http://www.tnc.ch>
- [32] M. Villoz, ([mvilloz@dynatex.ch](mailto:mvilloz@dynatex.ch)), DYNATEX - Colombier: **Participation Suisse à la Tâche III AIE - PVPS IEA Task 3** (RA) /
- [33] S. Taiana, ([sergio.taiana@ewz.stzh.ch](mailto:sergio.taiana@ewz.stzh.ch)), EWZ - Zürich: **EWZ 2000 - 2002 Schweizer Beitrag IEA PVPS Task 5** (RA) / <http://www.ewz.ch/>
- [34] P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), ENECOLO - Mönchaltorf: **Enecolo 2000 - 2001 Schweizer Beitrag IEA PVPS Task 7 - Phase II Schweizer Beitrag IEA PVPS Task 7** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [35] S. Nowak, ([stefan.nowak.net@bluewin.ch](mailto:stefan.nowak.net@bluewin.ch)), NET – St. Ursen: **Schweizer Beitrag IEA - PVPS Task 9 – seco** (RA) / <http://www.photovoltaic.ch>
- [36] M. Real, ([alphareal@access.ch](mailto:alphareal@access.ch)), ALPHA REAL - Zürich: **Global Approval Programm PV GAP** (RA) /
- [37] W. Durisch, ([wilhelm.durisch@psi.ch](mailto:wilhelm.durisch@psi.ch)) PSI-Villigen: **Charakterisierung von PV Generatoren** / <http://www.psi.ch/LMN>
- [38] P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), ENECOLO - Mönchaltorf: **Workshop Energierrelevante Kriterien für Solarmodule** / <http://www.solarstrom.ch>
- [39] S. Nowak, ([stefan.nowak.net@bluewin.ch](mailto:stefan.nowak.net@bluewin.ch)), NET – St. Ursen: **Pilotmässige Unterstützung von GEF-Anträgen im Bereich Solarenergie – BUWAL** / <http://www.photovoltaic.ch>
- [40] S. Nowak, ([stefan.nowak.net@bluewin.ch](mailto:stefan.nowak.net@bluewin.ch)), NET – St. Ursen: **PV-EC-NET** / <http://www.photovoltaic.ch>

## 8. Projets P+D et sites internet

(RA) Rapport annuel 2001 disponible

(RF) Rapport final disponible

ENET: Numéro de commande du rapport

- [42] Ch. Meier, ([christian.meier@energieburo.ch](mailto:christian.meier@energieburo.ch)), Energiebüro, Zürich: **New Light-Weight Flat Roof Photovoltaic Module Mounting System** (RA, RF) / <http://www.energieburo.ch>
- [43] P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), Enecolo AG, Mönchaltorf: **SOLGREEN- Optimierung des Systems Solgreen** (RA, RF) / <http://www.solarstrom.ch>
- [44] M. Real, ([alphareal@smile.ch](mailto:alphareal@smile.ch)), Alpha Real AG, Zürich: **Solardachschiefer Sunplicity** (RA)
- [45] J. Audergon, ([jacques.audergon@geimesa.ch](mailto:jacques.audergon@geimesa.ch)), GEIMESA, Fribourg: **Système hybride photovoltaïque et thermique de 7 kWp, Domdidier** (RA) / <http://www.geimesa.ch>
- [46] R. Tschanner, ([Reto.Tschanner@imt.unine.ch](mailto:Reto.Tschanner@imt.unine.ch)), IMT, Université de Neuchâtel: **Roof integrated amorphous silicon photovoltaic plant IMT Neuchâtel** (RA, RF) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [47] F. Bigler, ([fritz.bigler@ibi-interlaken.ch](mailto:fritz.bigler@ibi-interlaken.ch)), Industrielle Betriebe Interlaken: **PV roofs in the old town of Unterseen** (RA, RF) / <http://www.ibi-interlaken.ch>, ENET: 210035
- [48] U. Bühler, ([u.bue\\_cham@bluewin.ch](mailto:u.bue_cham@bluewin.ch)), Urs Bühler Energy Systems and Engineering, Cham: **Slopedroof- and façade – mounting-system AluTec / AluVer** (RA, RF)
- [49] H. Kessler, ([hke.pamag@flumroc.ch](mailto:hke.pamag@flumroc.ch)), PAMAG AG, Flums: **3 kWp PV Eurodach amorph**, (RA) / <http://www.flumroc.ch>
- [50] Ch. von Bergen, ([sputnik@solarmax.com](mailto:sputnik@solarmax.com)), Sputnik Engineering AG, Nidau: **LonWorks as Fieldbus for PV-Installations** (RA, Rapport intermédiaire) / <http://www.solarmax.com>
- [51] A. Haller, ([andreas.haller@schweizer-metallbau.ch](mailto:andreas.haller@schweizer-metallbau.ch)), Ernst Schweizer AG, Hedingen: **10 Roof Integrated PV Small Scale Systems** (RA) / <http://www.schweizer-metallbau.ch>
- [52] B. Kämpfen, Architekturbüro Kämpfen ([kaempfen.arch@gmx.ch](mailto:kaempfen.arch@gmx.ch)) R. Naef, ([naef@igjzh.com](mailto:naef@igjzh.com)), Naef Energietechnik, Zürich: **Sunny Woods** (RA)
- [53] R. Hächler, ([ars\\_solaris@freesurf.ch](mailto:ars_solaris@freesurf.ch)), Ars Solaris Hächler, Chur: **Pilot installation 10 kWp Flat Roof System "SOLGREEN"** (RA)
- [54] P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), Enecolo; Mönchaltorf: **Solgreen Kraftwerk 1** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [55] Th. Nordmann, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), TNC Consulting, Erlenbach: **Three pilot 10 kWp integrated PV sound barrier fields** (RA, RF) / <http://www.tnc.ch>
- [56] R. Hottiger, ([ig-solar@bluewin.ch](mailto:ig-solar@bluewin.ch)), IG Solar Safenwil: **PV / Noise Barrier Installation "Alpha A1" in Safenwil** (RA) / <http://www.ekotech.ch>
- [57] G. Jean-Richard, ([jeanrichard@eicn.ch](mailto:jeanrichard@eicn.ch)), EICN, Le Locle: **PV Anlage Héliotrope EICN** (RA) / <http://www.eicn.ch>
- [58] P. Favre, ([pierre-pascal.favre@lausanne.ch](mailto:pierre-pascal.favre@lausanne.ch)), Services Industriels Lausanne: **Amburnex Solar Farm (3 kWp)** (RA) / <http://www.lausanne.ch/energie>

- [59] Th. Nordmann, ([nordmann@tnc.ch](mailto:nordmann@tnc.ch)), TNC Consulting, Erlenbach: **27 kWp PV-Installation High School Zurich-Stadelhofen** (RA, RF) / <http://www.tnc.ch>
- [60] R. Minder, ([rudolf.minder@bluewin.ch](mailto:rudolf.minder@bluewin.ch)), Minder Energy Consulting, Oberlunkhofen: **Solar-Cat - Solar-Electric powered Passenger Ship** (RA) / <http://www.minder-energy.ch>
- [61] R. Schmid, ([roli.schmid@gmx.ch](mailto:roli.schmid@gmx.ch)), SSES Regionalgruppe Zürich: **Zholar, Mietsolarboot auf dem Zürichsee** (RA, RF)
- [62] N Cereghetti, ([nerio.cereghetti@dct.supsi.ch](mailto:nerio.cereghetti@dct.supsi.ch)), TISO, Canobbio, F. Stöckli, Rätia Energie, Poschiavo: **PV Anlage St. Moritz mit CIS Zellen** (RA) / [http://leee.dct.supsi.ch/PV/Welcome\\_TISO.htm](http://leee.dct.supsi.ch/PV/Welcome_TISO.htm)
- [63] M. Hubuch, ([m.hubbuch@hswzfh.ch](mailto:m.hubbuch@hswzfh.ch)), Hochschule Wädenswil, Th Gautschi, ARGE Zayetta, Zürich: **PV Anlage Dock Midfield Zürich Flughafen** (RA)
- [64] R. Diamond, ([phebus.suisse@swissonline.ch](mailto:phebus.suisse@swissonline.ch)), Phébus Suisse, Genève: **151 small grid connected PV stations for a total of 200 kWp, of which 30 kWp in Switzerland** (RA) / <http://www.ecotourisme.ch>.
- [65] M. Schneider, ([schneider-m@bluewin.ch](mailto:schneider-m@bluewin.ch)), Sunwatt Bio Energie SA, Chêne Bourg: **HE-LIOTRAM : 800 kWp PV power plants for direct injection in light train low voltage D.C. networks** (RA) / <http://www.sunwatt.ch>
- [66] A. Main, ([parkingsolaire@windwatt.ch](mailto:parkingsolaire@windwatt.ch)) Windwatt SA, Genève: **PV Anlagen Photocampa** (RA) / <http://www.windwatt.ch>
- [67] M. Schalcher, ([Max.Schalcher@fh-htwchur.ch](mailto:Max.Schalcher@fh-htwchur.ch)), Ingenieurschule HTA, Chur: **Visualisation and Analysis of the Data of the 4,1kWp PV-Power Plant Rothorn** (RA) / <http://www.fh-htachur.ch>
- [68] S. Roth, ([stefan.roth@axpo.ch](mailto:stefan.roth@axpo.ch)), Axpo, Zürich: **NOK's 1-Megawatt Solar Chain, Normalized Data 1997 to 2001** (RA) / <http://www.axpo.ch>
- [69] Th. Nordmann, ([nordmann@tnc.ch](mailto:nordmann@tnc.ch)), TNC Consulting, Erlenbach: **Messkampagne Mark I** (RA) / <http://www.tnc.ch>
- [70] A. Schlegel, ([andreas.schlegel@awtec.ch](mailto:andreas.schlegel@awtec.ch)), awtec AG, Zürich: **Coating of PV-Modules** (RA) / <http://www.awtec.ch>
- [71] Ch. Renken, ([CHRISTIAN.RENKEN@isburg.ch](mailto:CHRISTIAN.RENKEN@isburg.ch)), ADEV Burgdorf: **Newtech, Vergleich von 3 verschiedenen 1 kWp Dünnschichtanlagen** (RA)
- [72] M. Real, ([alphareal@smile.ch](mailto:alphareal@smile.ch)), Alpha Real, Zürich, **Normenarbeit für PV Systeme** (RA) / <http://www.iec.ch>
- [73] Ch. Meier, ([christian.meier@energieburo.ch](mailto:christian.meier@energieburo.ch)), Energiebüro, Zürich: **Guarantee of Solar Results for Grid-Connected-Photovoltaic-Systems 'GRS-PV'** (RA, RF) / <http://www.energieburo.ch>
- [74] Ch. Meier, ([christian.meier@energieburo.ch](mailto:christian.meier@energieburo.ch)), Energiebüro, Zürich: **HORIZsolar** (RA; RF) / <http://www.energieburo.ch>
- [75] Th. Hostettler, ([hostettler\\_engineering@compuserve.com](mailto:hostettler_engineering@compuserve.com)), Ingenieurbüro Hostettler, Bern: **Feasibility Study "PV installations with Thin-film Cells integrated into football stadiums"** (RA, RF)
- [76] S. Kropf, ([sven.kropf@freesurf.ch](mailto:sven.kropf@freesurf.ch)), ETH Zürich: **Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen** (RA, RF phase 1) / <http://www.airflow.ethz.ch>
- [77] S. Nowak, ([stefan.nowak.net@bluewin.ch](mailto:stefan.nowak.net@bluewin.ch)), NET AG, St. Ursen: **PV City Guide** (RA, RF) / <http://pvcityguide.energyprojects.net>

- [78] S. Nowak, ([stefan.nowak.net@bluewin.ch](mailto:stefan.nowak.net@bluewin.ch)), NET AG, St. Ursen: **REMAC Renewable Market energy accelerator** (RA)
- [79] M. Real, ([alphareal@smile.ch](mailto:alphareal@smile.ch)), Alpha Real, Zürich: **Quality in the Key of the PV Market - PV Training, Accreditation & Certification** (RA)
- [80] B. Bezençon, SGI, Lausanne: **3 kW<sub>p</sub> stand-alone hybrid (PV-Diesel) installation in Soyhières (JU)**
- [81] R. Durot, ([r.durot@tic.ch](mailto:r.durot@tic.ch)), ZAGSOLAR; Kriens: **PV-installation Wauwilermoos** (RA 2000)
- [82] P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), Enecolo AG, Mönchaltorf: **SOLRIF (Solar Roof Integration Frame)** (RF) / <http://www.solarstrom.ch>, ENET: 200160
- [83] H.-D. Koepfel, ([hans-dietmar.koepfel@skk.ch](mailto:hans-dietmar.koepfel@skk.ch)), Eigentümergemeinschaft P.P. Stöckli / H.-D. Koepfel, Wettingen: **PV Dachintegration Dorfkernzone Wettingen**
- [84] E. Anderegg, ([ean@newlink.ch](mailto:ean@newlink.ch)), Newlink Anderegg, Füllinsdorf: **Einfach und kostengünstige Überwachungseinheit für Solaranlagen**
- [A] Th. Nordmann, ([nordmann@tnc.ch](mailto:nordmann@tnc.ch)), TNC Consulting, Erlenbach: **PV on vocational Colleges in Switzerland, 9 Years Experience in Training and Education** (RA) / <http://www.pv-berufsschule.ch>
- [B] Ch. Meier, ([christian.meier@energieburo.ch](mailto:christian.meier@energieburo.ch)), Energiebüro, Zürich, **Photovoltaic Energy Statistics of Switzerland 2000** (RA) / <http://www.energieburo.ch>
- [C] E. Linder, ([linder@linder-kom.ch](mailto:linder@linder-kom.ch)), Linder Kommunikation AG, Zürich, **Solar electricity from the utility** (RA) / <http://www.linder-kom.ch> / <http://www.strom.ch/deutsch/ch-strom/solarstrom-ew.asp>

## 9. Bibliographie

- [85] **Forschungskonzept Photovoltaik 2000 – 2003**, Bundesamt für Energie, 2001, <http://www.photovoltaic.ch>
- [86] **LEEE-News, Newsletter of the Laboratory of Energy, Ecology and Economy**, zu beziehen bei TISO, Fax 091 935 13 49, Email: [lee@dct.supsi.ch](mailto:lee@dct.supsi.ch)
- [87] **Meteonorm 4.1, Global Meteorological Database for Solar Energy and Applied Meteorology**, <http://www.meteotest.ch>
- [88] **Satellight, The European Database of Daylight and Solar Radiation**, <http://satellight.entpe.fr>
- [89] **Swiss national report on PV power applications 2000**, P. Hüsser, ([pius.huesser@novaenergie.ch](mailto:pius.huesser@novaenergie.ch)), Nova Energie, 2001
- [90] **Trends in Photovoltaic Applications in selected IEA countries between 1992 and 2000**, IEA PVPS Task 1 – 10: 200, <http://www.iea-pvps.org>
- [91] **IEA PVPS Newsletter**, zu beziehen bei Nova Energie, Schachenallee 29, 5000 Aarau, Fax 062 834 03 23
- [92] **Added values of Photovoltaic Power Systems**, IEA PVPS Task 1 – 09: 200, <http://www.iea-pvps.org>
- [93] **Performance Database**, IEA PVPS Task 2, Version 1.19, July 2001, <http://www.task2.org>
- [94] **Workshop Operational Performance, Reliability and Sizing of Photovoltaic Power Systems**, IEA PVPS Task 2, 17<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Munich, October 2001
- [95] **Workshop Impacts of PV Penetration in Distribution Networks – Network Aspects on High Penetration Level of PV Systems and Islanding Analysis**, IEA PVPS Task 5, January 2002
- [96] **PV in Non Building Structures – a design guide**, IEA PVPS Task 7 - 02: 2000, <http://www.iea-pvps.org>
- [97] **Building with Solar Power**, IEA PVPS Task 7, to be published by Images Australia
- [98] **17th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition in München – aus Schweizer Sicht**, BFE, 2002, <http://www.photovoltaic.ch>

## 10. Informations complémentaires

La direction du programme vous renseigne volontiers:

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

Rédaction du rapport annuel: Stephan Gnos, Manuela Schmied,  
NET Nowak Energie & Technologie SA, [mail.net@bluewin.ch](mailto:mail.net@bluewin.ch)

Traduction: Monsieur 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	
HTA	Hochschule für Technik und Architektur (Fachhochschule)	
PV EZA	Photovoltaïque – coopération au développement	<a href="http://www.photovoltaic.ch">http://www.photovoltaic.ch</a>

### Institutions de supports financiers

FOGA	Forschungs-, Entwicklungs- und Förderfonds der schweizerischen Gasindustrie	
PSEL	Fonds pour projets et études de l'économie électrique	<a href="http://www.psel.ch">http://www.psel.ch</a>

### Institutions nationales

AES	Association des entreprises électriques suisses	<a href="http://www.strom.ch">http://www.strom.ch</a>
ATAL	Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich	
CORE	Commission fédérale pour la recherche énergétique	<a href="http://www.energie-schweiz.ch/bfe/de/forschung/core/">http://www.energie-schweiz.ch/bfe/de/forschung/core/</a>
CRPP	Centre de Recherche en Physique des Plasmas EPFL	<a href="http://crppwww.epfl.ch">http://crppwww.epfl.ch</a>
CTI	Commission pour la Technologie et l'Innovation	<a href="http://www.admin.ch/bbt/d/index.htm">http://www.admin.ch/bbt/d/index.htm</a>
CUEPE	Le Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie	<a href="http://www.unige.ch/cuepe">http://www.unige.ch/cuepe</a>
DDC	Direction du développement et de la coopération	<a href="http://www.deza.admin.ch">http://www.deza.admin.ch</a>
EICN	Ecole d'Ingénieurs du Canton de Neuchâtel	<a href="http://www.eicn.ch">http://www.eicn.ch</a>
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne	<a href="http://www.epfl.ch">http://www.epfl.ch</a>
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich	<a href="http://www.ethz.ch">http://www.ethz.ch</a>
EWZ	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich	<a href="http://www.ewz.ch">http://www.ewz.ch</a>



HTA Burgdorf	Fachhochschule Burgdorf	<a href="http://www.hta-bu.bfh.ch">http://www.hta-bu.bfh.ch</a>
HTA Chur	Fachhochschule Chur	<a href="http://www.fh-htachur.ch">http://www.fh-htachur.ch</a>
ICP	Institut de Chimie Physique EPFL	<a href="http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html">http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html</a>
IFAEPE	Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux	<a href="http://www.eawag.ch">http://www.eawag.ch</a>
IMT	Institut de Microtechnique Université Neuchâtel	<a href="http://www-imt.unine.ch">http://www-imt.unine.ch</a>
IQE	Institut für Quantenelektronik ETHZ	<a href="http://www.iqe.ethz.ch">http://www.iqe.ethz.ch</a>
LEEE - TISO	Laboratorio di Energia, Ecologia ed Economia - Ticino Solare	<a href="http://leee.dct.supsi.ch">http://leee.dct.supsi.ch</a>
LESO	Laboratoire d'Energie Solaire EPFL	<a href="http://www.lesomail.epfl.com">http://www.lesomail.epfl.com</a>
LFEM	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux	<a href="http://www.empa.ch">http://www.empa.ch</a>
OFEN	Office fédéral de l'énergie	<a href="http://www.admin.ch/bfe">http://www.admin.ch/bfe</a>
OFES	Office fédéral de l'éducation et de la science	<a href="http://www.admin.ch/bbw">http://www.admin.ch/bbw</a>
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage	<a href="http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/">http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/</a>
OFFT	Office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie	<a href="http://www.admin.ch/bbt">http://www.admin.ch/bbt</a>
PSI	Paul Scherer Institut	<a href="http://www.psi.ch">http://www.psi.ch</a>
SECO	Secrétariat d'Etat à l'économie	<a href="http://www.seco-admin.ch">http://www.seco-admin.ch</a>
SI Lau- sanne	Services Industriels Lausanne	<a href="http://www.lausanne.ch/energie/epsilon/default.htm">http://www.lausanne.ch/energie/epsilon/default.htm</a>
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana	<a href="http://leee.dct.supsi.ch">http://leee.dct.supsi.ch</a>

### Organisations internationales

AIE	Agence Internationale de l'énergie	<a href="http://www.iea.org">http://www.iea.org</a>
CEI	Commission Electrotechnique Internationale	<a href="http://www.iec.ch">http://www.iec.ch</a>
ESA	European Space Agency	<a href="http://www.esa.int">http://www.esa.int</a>
GEF	Global Environmental Facility	<a href="http://www.gefweb.org">http://www.gefweb.org</a>
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	<a href="http://www.gtz.de">http://www.gtz.de</a>
IEA PVPS	Photovoltaic Power Systems Implementing Agreement (IEA)	<a href="http://www.iea-pvps.org">http://www.iea-pvps.org</a>
IFC	International Finance Corporation	<a href="http://www.ifc.org">http://www.ifc.org</a>
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	<a href="http://www.kfw.de">http://www.kfw.de</a>
PV GAP	PV Global Approval Programme	<a href="http://www.pvgap.org">http://www.pvgap.org</a>
SDG	Solar Development Group	<a href="http://www.solardevelopment.org/">http://www.solardevelopment.org/</a>
UE (P&D)	Union Européenne (Programme cadre de P&D) Service Communautaire d'information sur la Recherche et le Développement	<a href="http://www.cordis.lu">http://www.cordis.lu</a>
EESD	Energy, Environment and Sustainable Development	<a href="http://www.cordis.lu/eesd/">http://www.cordis.lu/eesd/</a>
IST	Information society technologies	<a href="http://www.cordis.lu/ist/">http://www.cordis.lu/ist/</a>
UNDP	United Nations Development Programme	<a href="http://www.undp.org">http://www.undp.org</a>

### Institutions et entreprises privées

ESU	Environmental consultancy for business and authorities	<a href="http://www.esu-services.ch">http://www.esu-services.ch</a>
EWE	Elektrowatt Engineering	<a href="http://www.ewe.ch">http://www.ewe.ch</a>
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke	<a href="http://www.nok.ch">http://www.nok.ch</a>

## 12. Sites internet complémentaires

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