

Avril 2003

Programme photovoltaïque édition 2003

Rapport de synthèse 2002

élaboré par:
NET Nowak Energie & Technologie SA



Photo de couverture:

Installation photovoltaïque 283 kW_c, Dock Midfield aéroport Zurich

(Source: unique / Ralph Bensberg)

élaboré par:

NET Nowak Energie & Technologie SA

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

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

sur mandat de:

Office fédéral de l'énergie OFEN

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

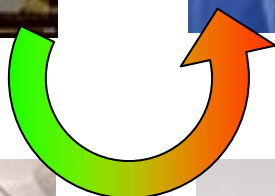
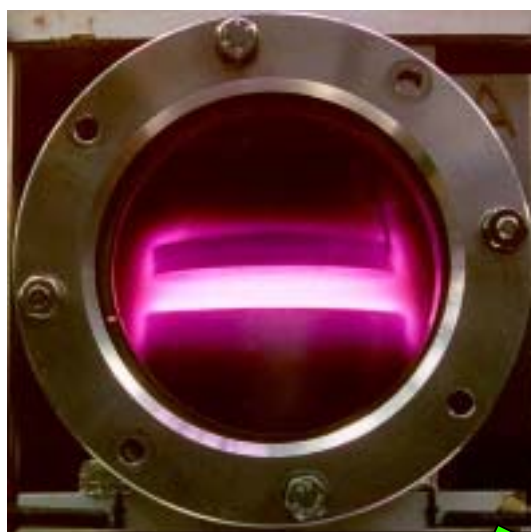
Tél. 031 322 56 11, Fax. 031 323 25 00 office@bfe.admin.ch www.suisse-energie.ch

PHOTOVOLTAÏQUE

Rapport de synthèse, édition 2003

Programme de recherche 2002

Stefan Nowak
stefan.nowak@netenergy.ch



Transfert du laboratoire à la production industrielle

Les processus de déposition par plasma pour les cellules solaires minces développées à l'IMT (Université de Neuchâtel) sont transférés à l'échelle industrielle.

(Photo: IMT & Unaxis)

Sommaire

1. Aperçu du programme et objectifs fixés pour 2002	3
2. Travaux réalisés et résultats obtenus.....	4
Technologie des cellules	4
Modules solaires et intégration au bâtiment.....	6
Technique des systèmes électriques.....	8
Etudes et projets complémentaires.....	9
Coopération internationale AIE, CEI, PV-GAP	10
3. Coopération nationale.....	12
4. Coopération internationale.....	12
5. Projets pilotes et de démonstration	13
Introduction	13
Projets P+D 2002	13
6. Evaluation 2002 et perspectives 2003	20
7. Liste des projets de recherche.....	21
8. Liste des Projets P+D	24
9. Bibliographie	26
10. Informations complémentaires	28
11. Abréviations utilisées et sites internet.....	28
12. Sites internet complémentaires	30

1. Aperçu du programme et objectifs fixés pour 2002

Pour le programme de recherche Photovoltaïque (PV), l'année 2002 a été marquée par la continuité dans la recherche et le renforcement des activités en rapport avec la commercialisation, concrétisées notamment par de nouveaux projets industriels touchant aussi bien la mise en œuvre des cellules en couches minces que d'autres activités industrielles. Ainsi, la recherche et le développement du photovoltaïque en Suisse débouchent sur la mise sur pied progressive d'une plate-forme industrielle susceptible d'intégrer de nouveaux éléments de toute la chaîne de production. Ce faisant, le programme Photovoltaïque poursuit, comme jusqu'ici, une stratégie délibérément internationale. Les activités en cours pendant l'année 2002 sous revue, en matière de recherche et de développement comme de projets pilotes et de démonstration (P+D), concernent quelque 85 projets. Ce nombre comprend tous les projets connus bénéficiant du soutien des pouvoirs publics; il reste ainsi du même ordre de grandeur que l'année précédente, tout comme les moyens engagés.

Conformément au Plan directeur de la recherche photovoltaïque 2000 – 2003 [81] 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 thèmes de recherche 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 les cellules au silicium en couches minces notamment, l'accent a été mis sur de nouveaux procédés de fabrication. Pour toutes les technologies, on a continué inlassablement à rechercher des applications pratiques et plusieurs nouveaux projets d'importance se sont concrétisés par la participation d'entreprises du secteur privé.

Modules et intégration au bâtiment

De nouveaux **procédés** de fabrication ont été développés pour les modules solaires; les améliorations concernent le rendement et une réduction des coûts. **L'intégration du photovoltaïque** à l'environnement construit figure toujours au premier rang des préoccupations. Des solutions valables et attractives sont mises au point pour les toitures plates et à pans inclinés et pour les façades, en vue d'une fabrication industrielle. Alors qu'on recherchait jusqu'ici plutôt des variantes applicables aux modules à cellules cristallines, c'est l'intégration des cellules en couches minces qui fait de plus en plus souvent l'objet des travaux actuels.

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. L'amélioration de la prédiction de la **production d'énergie** des modules solaires retient dorénavant l'attention, notamment au niveau des **normes** en vue de la nécessaire **standardisation** des produits et des systèmes. Autre objet de première importance pour les installations en îlot: des accumulateurs d'énergie sûrs et de longue durée de vie.

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 de 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 sont sous les feux de la rampe. Le **thermo-photovoltaïque**, un thème relevant de plusieurs domaines simultanément, a suscité un regain d'intérêt ces derniers temps et conduit à de nouveaux développements.

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. La collaboration internationale a conduit à une série de nouveaux résultats significatifs pour la pratique. Le photovoltaïque suisse est ainsi à la hauteur de l'évolution internationale sur le plan scientifique et technique.

2. Travaux réalisés et résultats obtenus

Technologie des cellules

Grâce au soutien des institutions les plus diverses, la **recherche suisse sur les cellules solaires** a pu être poursuivie **sur tous les fronts** pendant l'année 2002 sous revue. Des travaux fondamentaux nouveaux trouvent une suite dans le cadre du programme *TOP NANO 21* du Conseil des CEPF. 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 en couches minces

Durant l'exercice, l'IMT de l'Université de Neuchâtel a terminé une phase importante du projet consacré aux **cellules solaires micromorphes** [1] en mettant l'accent sur les étapes et procédés de fabrication déterminants pour l'industrie. Les travaux visaient 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. Voici un résumé des résultats obtenus. Le dépôt du silicium microcristallin peut se faire dorénavant à la vitesse de 25 Å/s. D'autre part, le rendement stabilisé des cellules amorphes simples à couches p-i-n, dans cet ordre, a pu être amélioré jusqu'à atteindre 9.5%. Pour les cellules micromorphes p-i-n/p-i-n et pour les cellules tandems micromorphes à couche intermédiaire TCO, on a mesuré un rendement stabilisé de 10.8% et 10.7%, respectivement. Des mini-modules de 8x8 cm² ont donné un rendement de 8.5% pour les cellules amorphes p-i-n et de 9.8% pour les cellules micromorphes p-i-n/p-i-n. On a aussi étudié des cellules présentant des couches dans l'ordre inverse: n-i-p amorphe, n-i-p microcristallin et n-i-p/n-i-p micromorphe. Pendant l'année sous revue, les travaux sur les cellules solaires micromorphes ont aussi été poursuivis dans le cadre du projet européen **DOIT** [2]. L'objectif est ici un petit module micromorphe de 30x30 cm² ayant un rendement stable de 11%. Dans ce contexte, la tâche principale de l'IMT consiste à appliquer à une grande surface la technique VHF de dépôt (Figure 1). A 135 MHz, cette technique a permis de produire du silicium microcristallin à la vitesse de 10 Å/s. C'est ce matériau qui a servi, pendant l'année sous revue, à l'optimisation des premières cellules avec, pour objectif intermédiaire, un rendement d'au moins 5%.

Avec le soutien d'ENET, les efforts en vue de la mise en œuvre industrielle du savoir-faire développé à l'IMT se sont poursuivis avec, à la clé, un résultat réjouissant: après d'intenses négociations, le Conseil d'administration de Unaxis a décidé, à la fin de 2002, d'entrer en matière et de collaborer étroitement avec l'IMT, l'objectif étant l'acquisition d'une position de leader de la fabrication des installations industrielles de production des cellules solaires micromorphes. L'unité *Unaxis solar* a été fondée et un laboratoire industriel mis sur pied à Neuchâtel pour le transfert de technologie. La première phase des investissements industriels s'étend sur deux ans (Figure 2).

Le projet CTI conjoint du CRPP de l'EPFL, de l'IMT et d'Unaxis ayant pour objet les **installations de dépôt rapide sur de grandes surfaces** [3] pour les cellules solaires au silicium en couches minces s'est poursuivi pendant l'exercice. Les expériences ont été réalisées à l'aide de l'installation de dépôt à plasma d'Unaxis en service au CRPP, tandis que des cellules du type étudié étaient préparées à l'aide d'une installation similaire à l'IMT. L'un des problèmes abordés concernait la contamination par le bore dans un système à chambre unique, pour lequel des solutions ont pu être trouvées. Un autre objet de ces études était la vitesse de dépôt: conformément aux spécifications du projet, des cellules ont pu être produites à 2 Å/s, valeur qui va maintenant être améliorée. Ce projet CTI est une composante importante du transfert de technologie vers Unaxis dont il a été question plus haut.



Fig. 1: Installation de dépôt à plasma VHF de l'IMT, à chambre unique 30x30 cm²
(Projet DOIT, photo IMT / Uni NE)



Fig. 2: Installation industrielle de dépôt à plasma
(Photo Unaxis)

En collaboration avec VHF Technologies, la Haute Ecole spécialisée du Locle travaille à un projet d'amélioration du captage de la lumière grâce à des **substrats de polymères rendus délibérément rugueux** [4]. Ceci devrait conduire à un rendement plus élevé des cellules solaires amorphes. Le procédé appliqué recourt à une attaque chimique ionique à l'aide de SF₆/O₂. Différentes rugosités ont été obtenues selon les paramètres du procédé; l'homogénéité doit encore être améliorée.

Toujours en collaboration avec VHF Technologies, l'IMT a étudié la faisabilité de **nano-réseaux optiques** [5] pour le captage de la lumière dans des cellules au silicium nanocristallin. C'est un nouveau projet *TOP NANO 21* portant à la fois sur des réseaux périodiques et des textures générées de manière aléatoire. Ces dernières ont donné les meilleurs résultats: le courant de court-circuit de cellules solaires au silicium nanocristallin a été augmenté de 16%.

Au PSI, le projet consacré à la mise au point de **cellules à faible largeur de bande interdite** pour les applications thermo-photovoltaïques [6] s'est achevé au cours de l'exercice sous revue. Ces travaux ont porté sur la croissance de structures „à puits quantique“ (*quantum well*) de SiGe et d'îlots de Ge sur des surfaces de Si, préparées par CVD dans un réacteur à ultraviolette. Le coefficient d'absorption des couches SiGe a été déterminé.

Silicium cristallin

HCT Shaping Systems participe à un nouveau projet de l'UE baptisé **RE-SI-CLE** [7] ayant pour objet la mise au point de nouveaux procédés d'extraction du silicium brut à partir des déchets de silicium de la chaîne de production, dans un but de recyclage. C'est une contribution à la problématique de cette matière première qu'est le silicium cristallin.

Composés II-VI (CIGS, CdTe)

L'Unité de Physique des couches minces de l'EPFZ travaille depuis des années à divers projets de l'UE relatifs aux cellules solaires à base de semi-conducteurs composés (CIGS, CdTe). Dans le projet en cours, **PROCIS** [8], elle étudie certains aspects de la production de cellules CIGS de grande surface. En particulier, elle a établi que le rendement de ces cellules pouvait être amélioré par l'inclusion contrôlée de sodium, qu'elle a examinée de manière détaillée. Des cellules solaires CIGS munies de couches tampons CdS ont été fabriquées par divers procédés sous vide. Ces couches tampons conduisent à un meilleur rendement que celles au ZnS ou au ZnSe.

Dans le cadre du programme *TOP NANO 21*, le projet **NANOCIS** [9] a pour objectif la mise au point de procédés de fabrication entièrement nouveaux pour les cellules CIGS, sur la base de nanoparticules. La couche absorbante CIGS est frittée en atmosphère de sélénium en utilisant des couches *precursors* appropriées. On observe une conversion complète des *precursors* en les liaisons CIGS correspondantes; les premières cellules solaires de ce type ont un rendement d'au moins 4%, d'après leur caractéristique courant-tension.

Cellules à colorant

A l'ICP de l'EPFL, le développement de **cellules solaires nanocristallines** à colorant activateur [10] se poursuit avec notamment, pendant l'année sous revue, des travaux sur les hétéro-jonctions solides. Ceux-ci sont également partie intégrante d'un projet du programme *TOP NANO 21* [11]. En collaboration avec Greatcell Solar, on met au point des **applications** de la cellule à colorant destinées à une utilisation **à l'intérieur des bâtiments**. Par ailleurs, les **mesures en plein air** de cellules solaires à colorant activateur se sont poursuivies dans un projet du PSEL [12], avec pour objectif la description du comportement de ces cellules en conditions réelles en plein air, notamment sous l'effet du rayonnement UV. Le fait que le rendement dépend de la masse d'air optique a pu être établi. Un nouveau projet de l'UE baptisé **NANOMAX** [13] a été lancé pour rechercher de nouvelles voies pour la création de cellules à colorant activateur, notamment par de nouveaux concepts de photo-électrodes et de nouveaux matériaux, dont les colorants, par des propriétés de transport améliorées et par une recombinaison réduite des porteurs de charge. On espère réaliser un rendement de 12%, puis son extrapolation à 15%, enfin une valeur de 9% sur une surface de 100 cm². Entre-temps, le concessionnaire australien au bénéfice de la licence relative à la cellule à colorant STI a présenté une première installation pilote avec de telles cellules intégrées au bâtiment [82].

Cellules solaires à antennes

L'Université de Berne a poursuivi ses recherches fondamentales sur les **cellules solaires aux antennes** [14], 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

Aujourd'hui comme hier, les **installations intégrées au bâtiment** sont les applications les plus importantes du photovoltaïque en Suisse. Tandis que, le plus souvent, les solutions choisies dans le cadre des bourses de courant solaire sont les plus avantageuses en toiture plate, on continue à chercher à réduire le prix de revient des solutions présentant une intégration poussée. Puisqu'il existe maintenant toute une série de systèmes de montage pour le bâtiment (voir aussi le chapitre P+D), les efforts se reportent de plus en plus sur le module solaire lui-même. Dans ce domaine, des entreprises suisses participent à différents projets nouveaux de l'UE.

Dans le cadre d'un nouveau projet CTI, VHF Technologies et Alcan Technology & Management copèrent avec la Haute Ecole spécialisée du Locle dans le but de développer un **module PV composite** [15] à base de *Alucobond®*, pour les applications intégrées. Un procédé de fabrication pour les modules de grande surface a été mis au point, avec les techniques de laminage adéquates. Pour l'instant, le rendement obtenu est de 3%; il est stable et les premiers modules prototypes de dimensions 2 m x 1 m sont disponibles pour les essais (Figure 3).



Fig. 3: Élément de façade PV de grande surface, à base de *Alucobond®* (2000 mm x 1000 mm) (Photo EIAJ)



Fig. 4: Chaîne de laminage pour modules PV, avec la table d'entrée, le laminateur et la presse à froid (Photo 3S)

Swiss Sustainable Systems participe à plusieurs projets de l'UE concernant l'intégration du PV au bâtiment. Le projet **HIPERB** [16] est consacré au développement de systèmes de toitures et de façades PV intégrant des cellules CIGS. Au cours de l'année sous revue, des prototypes de modules CIS ont été présentés. On s'achemine vers une combinaison avec le produit *Megaslate®* (Figure 4). Quant au projet **AFRODITE** [17], il a pour objectif la mise au point de solutions nouvelles pour l'intégration du PV au bâtiment qui répondent à des exigences élevées en matière d'esthétique et utilisent des cellules solaires cristallines à contacts disposés sur la face arrière.

La société Kurth Glas & Spiegel participe au projet **ADVANTAGE** [18] de l'UE dans lequel il s'agit également de placer les contacts électriques sur la face arrière des cellules en vue de leur intégration au bâtiment.

Quant à l'entreprise Alcan Packaging, elle prend part au projet **HIPROLOCO** [19] de l'UE dans lequel on développe des procédés avantageux d'enrobage des cellules solaires dans les modules.

A l'EPFL, le projet **DEMOSITE** [20] s'est achevé pendant l'année sous revue. Il présentait côte à côte de nombreuses variantes d'intégration du PV au bâtiment utilisables en toiture plate ou à pans inclinés et en façade. C'était un projet international faisant partie de la Tâche 7, également arrivée à son terme, du programme IEA PVPS de l'AIE. Grâce aux comparaisons pratiques qu'il rendait possibles, différents produits et solutions ont pu être proposés ou améliorés au cours du projet. Pendant la dernière année des travaux, les efforts ont porté principalement sur la diffusion de l'information. Le projet peut être visité sur Internet; son site www.demosite.ch donne des renseignements détaillés.

Enecolo a pris part au projet **ENERBUILD** [21] de l'UE destiné à répertorier, sous la forme du réseau thématique www.enerbuild.net, les activités R&D en cours en rapport avec l'énergie dans le bâtiment. Enecolo y est responsable du thème du *photovoltaïque dans le bâtiment*. L'année sous revue a vu la parution de deux *Enerbuild newsletters*; des descriptifs de projets ont été rédigés et des

recommandations sur les stratégies futures à adopter en rapport avec les 6 priorités principales ont été formulées. On y lit notamment la nécessité de poursuivre la recherche et le développement et de normaliser les éléments de construction, ainsi que le besoin d'un renforcement du marketing et d'une formation ciblée.

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, production d'énergie) et des installations (observations de longue durée). Les enseignements tirés de l'étude de ces questions pratiques sont de la première importance pour la sécurité et la fiabilité des installations futures et la standardisation des produits, spécialement à cause de la croissance rapide du marché. On a constaté qu'il fallait continuer à 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 le projet relatif à **l'assurance qualité et à l'apport énergétique des modules photovoltaïques** [22]. Le 8^e cycle des essais portant sur 12 modules solaires est terminé et une 9^e série de mesures portant sur 14 autres types de modules (3 sc-Si, 9 mc-Si, 2 a-Si) a commencé (Figure 5). La méthode dite de la matrice des performances $P(G, T_a)$ a pu être perfectionnée au cours de l'année sous revue; elle s'est révélée être un instrument efficace de caractérisation des modules solaires, qui devrait devenir une aide intéressante pour le concepteur. L'installation de 10 kW_c du LEEE-TISO a fêté en mai 2002 ses 20 ans d'exploitation bien documentée; c'est sans doute l'installation PV raccordée au réseau pour laquelle on dispose de la plus longue expérience au monde. Le laboratoire équipé d'un simulateur solaire de classe A, certifié l'année précédente selon ISO 17025, a continué à pouvoir être utilisé de manière fiable. On y a mesuré une centaine de caractéristiques courant-tension pour le compte de clients de l'extérieur. Et les mesures effectuées sur les 3 installations PV du LEEE-TISO ont été poursuivies.

Dans le cadre du projet **MTBF-PV** [23] de l'UE mené conjointement par le LEEE-TISO et le Centre européen d'essai ESTI à Ispra, l'étude de l'installation de 10 kW_c âgée de 20 ans s'est poursuivie. Des mesures détaillées montrent que la puissance a diminué en 20 ans de 0.2% en moyenne par année. C'est un signe de fiabilité remarquable pour les modules. Sur quelques cellules et modules, des mesures plus détaillées ont été effectuées impliquant les caractéristiques courant-tension, une analyse thermographique et un vieillissement accéléré. On a pu ainsi quantifier l'effet du jaunissement, de la délamination, des *hot spots* et de l'oxydation des contacts. Les connaissances actuelles laissent prévoir que l'exploitation pourra se poursuivre pendant 10 à 15 ans encore.



Fig. 5: Le banc d'essai pour modules PV du TISO
(Photo LEE TISO)

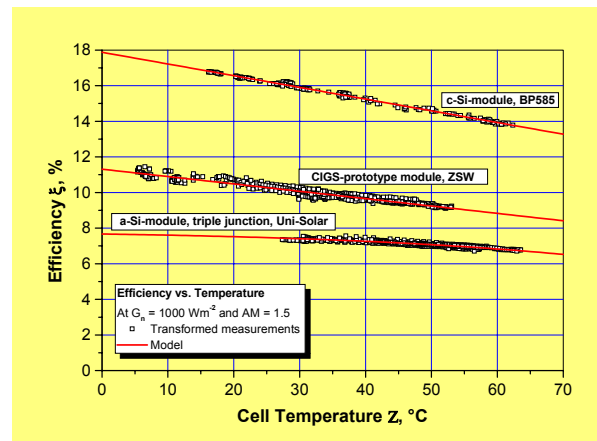


Fig. 6: Dépendance du rendement en termes de la température de cellule, pour trois technologies de modules différentes (Source PSI)

Sur la base de mesures sur différents modules solaires, le PSI a développé une **méthode de calcul de la production annuelle d'énergie** [24]. Le comportement différent des diverses technologies (mc-Si, a-Si, CIS, CIGS) apparaît clairement. Le modèle permet de représenter l'effet de la température, de l'irradiance et de la masse d'air optique sur le rendement (Figure 6).

Le thème de la **production d'énergie des modules solaires** [25] a aussi fait l'objet, pendant l'année sous revue, d'un atelier national organisé par Enecolo. On y a comparé différentes méthodes de mesure et de modélisation, ce qui a mis en lumière le besoin d'outils adaptés à la pratique.

Avec le soutien de la Société Mont-Soleil, de Localnet SA, des Entreprises électriques de Bâle-Campagne 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** [26]. Actuellement, ce projet inclut 42 installations surveillées à distance, comportant 55 onduleurs. Contrairement aux prévisions, la fiabilité des onduleurs a encore pu être améliorée au cours de l'année sous revue. L'installation de 560 kW_c sise sur le Mont-Soleil a vu également croître sa production d'énergie et sa fiabilité en 2002. A l'opposé, d'autres installations ont subi des pertes de production parfois considérables. Globalement, on constate un lent recul de la production annuelle d'énergie mesurée sur l'ensemble des installations du projet.

Dans le projet **INVESTIRE** [27] 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. Un bilan comparatif des paramètres caractéristiques de ces techniques de stockage a pu être dressé. Il en ressort qu'il est difficile de concurrencer, économiquement parlant, l'accumulateur au plomb dans les applications principales. Seul le recours à l'air comprimé est ici une alternative valable. En revanche, dans les applications particulières comme les appareils portables, le stockage à court terme ou celui de grandes quantités d'énergie, d'autres procédés sont plus indiqués.

Etudes et projets complémentaires

La société Meteotest participe au projet **SoDa** [28] de l'UE, dont le but est de mettre à la disposition des utilisateurs d'Internet (<http://www.soda-is.com>) des données sur le rayonnement solaire dans le monde entier. L'année écoulée a vu la mise au point d'un prototype de ce service Internet. SoDa est à la fois une version en ligne (simplifiée) de *METEONORM* et une mise en réseau des modèles et des bases de données de *METEONORM* [83] et de l'Atlas européen du rayonnement *ESRA* [84]. Le prototype créé comprend aussi des modèles simplifiés pour la simulation d'installations photovoltaïques.

A l'Université de Genève, le CUEPE participe au projet **Heliosat 3** [29] de l'UE, dont l'objectif est la détermination de données spécifiques à l'énergie solaire à partir de celles fournies par Meteosat. Le projet tient compte du nouveau satellite MSG (Meteosat second generation <http://www.esa.int/msg/>) entré en service en automne 2002. Grâce à ce dernier, la précision des données de rayonnement pourra être améliorée.

En collaboration avec Hoval, Solaronix et le LFEM/EMPA, le PSI a poursuivi les travaux consacrés aux aspects systémiques du **thermo-photovoltaïque** [6], dans le cadre du nouveau projet CTI baptisé **HEAT** [30]. L'application principale visée est le fonctionnement autonome des chaudières, sans fourniture extérieure d'électricité. Au cours de l'année sous revue, on a préparé des tissus émetteurs de rayonnement, contenant des terres rares, et mesuré leurs propriétés optiques. On a aussi étudié des couches filtrantes appropriées, à base d'oxydes conducteurs transparents, qu'on a testées dans un dispositif thermo-photovoltaïque de démonstration utilisant des cellules au silicium du marché.

La société E4TECH a participé au projet **Euro-Islas** [31] de l'UE, qui s'est achevé pendant l'année sous revue. Il avait pour but l'amélioration des conditions d'utilisation des énergies renouvelables propres aux régions insulaires d'Europe. Des études de cas ont été réalisées sur les possibilités d'application de ces énergies sur les îles, les scénarios possibles pour leur introduction et leur contribution potentielle globale au bilan énergétique.

Le projet **MSG: Multi-user solar hybrid grids** [32] 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. Le développement du modèle numérique de simulation du comportement social est terminé. Il décrit l'interaction entre des données physiques, telles que l'état de charge des batteries, et les aspects sociaux. Les premiers résultats montrent que cet outil de simulation est capable de décrire correctement l'utilisation des installations électriques solaires sur place.

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). La Suisse a continué à exercer la présidence de cet organe pendant l'année sous revue. La 2^e phase 1998-2002 du programme IEA PVPS s'est achevée avec succès dans le courant de 2002. D'une durée de 5 ans, elle a vu la parution d'une cinquantaine de publications, livres et bases de données, la publication de 10 *PVPS Newsletters* et la création du site Internet www.iea-pvps.org. 25 manifestations environ ont été organisées, qui ont rassemblé quelque 1600 participants au total. C'est un bilan impressionnant pour ce programme de coopération internationale dans la recherche [85], qui va se poursuivre pendant les 5 années à venir sous la même bannière de l'IEA PVPS.

Dans la Tâche 1 IEA PVPS, la Suisse est représentée par Nova Energie; cette société est chargée des **activités générales d'information** [33]. Pendant l'exercice, un nouveau rapport national sur le photovoltaïque en Suisse jusqu'en 2001 a été préparé [86]. Il a servi de base à la septième édition du rapport annuel international sur l'évolution des marchés du photovoltaïque dans les pays de l'AIE [87]. Ce rapport est souvent cité; il est devenu dans les pays de l'AIE une référence en la matière. Par ailleurs, le bulletin *IEA PVPS-Newsletter* [88] donne périodiquement des renseignements sur les travaux du programme IEA PVPS et tout ce qui l'entoure. Le groupe d'experts a tenu l'une de ses réunions de projet à Bâle, ce qui a renforcé les échanges d'expérience avec les intervenants du photovoltaïque en Suisse. Les travaux en cours concernent les plus-values générées par la technologie photovoltaïque (toute la chaîne dans son ensemble).

C'est TNC qui fait office d'expert suisse dans la Tâche 2 sur les **expériences d'exploitation** [34]. Au cours de l'exercice sous revue, la banque de données PVPS *Performance Database* [89] a été complétée par de nouvelles données; elle compte dorénavant 316 installations photovoltaïques de 12 pays, d'une puissance installée totale de 10.8 MW_c, avec plus de 10'000 mois de données d'exploitation (Figure 7). Quelques domaines spécifiques sont analysés en profondeur à l'aide de la banque de données: les données de rayonnement, les performances, les effets d'ombrage et de température ainsi que la fiabilité des installations.



Fig. 7: La banque de données de la Tâche 2 du programme IEA PVPS



Fig. 8: Un écran du CD-ROM de la Tâche 7 du programme IEA PVPS et de son matériel pour la formation des architectes

Dynatex participe aux travaux de la Tâche 3 sur les **installations non raccordées au réseau** [35]. L'amélioration de la qualité et de la fiabilité des installations photovoltaïques autonomes, de même que les questions techniques liées aux systèmes hybrides et aux batteries, constituent les activités principales de ce projet. L'année 2002 a vu s'achever l'élaboration des rapports sur les essais d'accumulateurs et leur exploitation [90, 91] ainsi que sur les appareils consommateurs pouvant être branchés sur les installations PV en îlot [92].

En collaboration avec Enecolo, 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** des installations photovoltaïques **au réseau** [36]. Ce projet s'est terminé en 2002 par la publication d'une série de nouveaux documents finaux, notamment sur les aspects touchant la sécurité [93-99]. Les études faites sur la formation d'îlots par des installations photovoltaïques dans un réseau électrique sont l'un des résultats particulièrement importants de cette collaboration. On est arrivé à la conclusion qu'avec la technique actuelle, ce phénomène indésirable avait en toute circonstance une probabilité très faible de se produire et qu'il ne faisait donc pas vraiment problème. La Tâche 5 est un bel exemple illustrant comment la coopération internationale peut déboucher sur un consensus et sur des solutions pertinentes même pour les pratiques nationales.

La Tâche 7 sur l'**intégration du photovoltaïque à l'environnement construit** [37], gérée par Enecolo, s'est également achevée par une série de nouveaux résultats [100-109]. Une banque de données, www.pvdatabase.com, présente les produits et les applications du photovoltaïque dans l'environnement construit. La Tâche 7 peut se prévaloir d'avoir enrichi le thème de l'intégration du photovoltaïque au bâtiment considérablement et sous de nombreux aspects, aussi bien techniques que non-techniques. En particulier, un CD-ROM va apporter aux architectes un matériel de formation bienvenu sur l'intégration du PV (Figure 8). En ce moment, le Comité exécutif IEA PVPS discute du lancement, maintenant que la Tâche 7 est achevée, d'une nouvelle Tâche 10 dans le même ordre d'idées. Les formalités nécessaires devraient se terminer dans le courant de 2003.

Dans le cadre du projet *Drehscheibe Photovoltaik Entwicklungszusammenarbeit* (PV EZA) et avec le soutien du Secrétariat d'État à l'économie (*seco*), Entec assure la participation suisse à la Tâche 9 consacrée à la **coopération au développement dans le domaine du photovoltaïque** [38]. Dans ce projet, la Suisse est responsable de la coordination des travaux avec diverses organisations bilatérales et multilatérales. Un premier rapport sur les mécanismes de financement des installations domestiques dans les pays en voie de développement [110] a vu le jour comme prévu juste avant la réunion d'automne de la Tâche 9. Celle-ci s'est tenue à St-Gall, avec le 2^e atelier national sur le thème du photovoltaïque dans la coopération au développement. Les contacts entre les intéressés suisses et le groupe international d'experts s'en sont trouvés renforcés. Plusieurs autres rapports de la Tâche 9 vont paraître sous peu. Le travail au sein de cette Tâche est complété par diverses activités de la plateforme PV EZA, avec pour objectif de mettre davantage à contribution le savoir-faire et les produits suisses dans des projets internationaux. De même, on désire recourir plus fréquemment aux instruments mis à disposition par les

organisations multilatérales, dont notamment le *FEM* (Le Fonds pour l'environnement mondial). Un projet pilote dans ce sens est en cours, encouragé par l'OFEFP.

La société Alpha Real représente la Suisse au sein du Comité technique 82 du CEI, où elle préside le Groupe de travail chargé d'élaborer et d'adopter les **propositions de normes** internationales pour les systèmes photovoltaïques [70]. Alpha Real participe par ailleurs au *PV-GAP* (PV Global Approval Programme), un programme mondial d'assurance qualité et de certification des systèmes photovoltaïques. Un projet Altener de l'UE baptisé **Quality is the key of the market** [73] s'occupe d'un certain nombre d'aspects de la question ainsi que de formation.

PV-EC-NET [39], un nouveau projet de l'UE, met en réseau les offices de coordination des programmes photovoltaïques nationaux de 14 pays (www.pv-ec.net). Son objectif est l'approfondissement des échanges d'information sur ces programmes, la comparaison des expériences faites et une meilleure coordination de la recherche européenne dans ce domaine, qui est relativement fragmentée actuellement et devrait devenir plus cohérente. Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'«espace européen de la recherche».

3. Coopération nationale

Les projets et manifestations de l'année sous revue ont permis de continuer à affiner la coopération au niveau national entre les différents acteurs. La collaboration avec le secteur privé a pu être renforcée et l'intérêt pour le photovoltaïque ne faiblit pas, malgré la stagnation du marché suisse. Le Symposium photovoltaïque national de mai 2002 à Lugano a été un grand succès. Avec la participation record de 200 personnes environ, cette manifestation a été une excellente occasion de promouvoir les intérêts communs du photovoltaïque en Suisse, les échanges nationaux et la coopération [111].

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 réguliers avec l'OFES, la CTI, le programme *TOP NANO 21*, l'OFEFP, la DDC et le *seco*, ainsi qu'avec l'AES, le PSEL et la Société Mont-Soleil. Ces contacts variés permettent d'élargir l'assise du programme Photovoltaïque, ce qui est un impératif toujours plus important.

4. Coopération internationale

La coopération internationale – pour le programme Photovoltaïque une tradition – s'est tout naturellement poursuivie pendant l'année sous revue. La collaboration institutionnelle au sein de l'AIE, de la CEI et du PV-GAP a déjà été relevée ci-dessus. De nombreux projets, en cours ou nouveaux, ont aussi permis de poursuivre au sein de l'UE une collaboration dont l'efficacité n'est plus à démontrer: en 2002, on dénombrait 14 projets relevant de la *DG Research* et 5 de la *DG Transport & Energy* de l'UE. D'autres projets sont encore réalisés dans le cadre des programmes *Altener* et *IST* de l'UE. Malheureusement, la ratification des accords bilatéraux avec l'UE a été différée si longtemps qu'il n'a pas été possible d'améliorer la position des partenaires suisses au sein des projets de l'UE pendant le 5^e programme-cadre et que ce point doit être renégocié pour le 6^e programme-cadre de l'UE. C'est pourquoi l'encouragement de ces projets en Suisse a continué à être assurée par l'Office fédéral de l'éducation et de la science (OFES). Pourtant, les contacts réguliers continuent avec les services responsables de Bruxelles. La Suisse est à nouveau représentée dans les instances de différents programmes. 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'année 2002, on dénombre une nouvelle fois quelque 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 2003 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. Les essais pilotes grandeur nature de nouveaux composants sur des installations P+D ont conservé toute leur actualité et constituent sans conteste un point fort de l'année sous revue. La thématique des **installations photovoltaïques intégrées au bâtiment** continue à faire l'objet d'un grand nombre de projets. Les autres projets se répartissent entre les barrières anti-bruit avec PV, les installations indépendantes (non intégrées à un bâtiment), des mesures sur diverses installations, l'assurance qualité et les aides à la conception PV.

Cette année, les installations intégrées selon des critères architectoniques ont rencontré généralement un écho favorable; trois de ces projets ont reçu le **Prix solaire suisse 2002**; ce sont les installations du Dock Midfield de l'Aéroport de Zurich [58] (photo de couverture), de Sunny Woods à Zurich [48] (Figure 9) et du Parking de l'Etoile à Genève [63] (Figure 10). L'immeuble de 6 appartements Sunny Woods [48] s'est même vu décerner le **Prix solaire européen 2002** dans la catégorie des constructions solaires.



Fig. 9: Intégration du photovoltaïque en toiture Sunny Woods
(Photo: Bureau d'architecture Beat Kämpfen)



Fig. 10: Intégration en toiture Parking de l'Etoile, Genève
(Photo: Sunwatt Bio Energie SA)

Projets P+D 2002

Nouveaux projets P+D

10 projets nouveaux ont débuté en 2002 dans le cadre du programme P+D photovoltaïque. La plupart d'entre eux sont consacrés à des installations photovoltaïques dans l'environnement construit. La toiture PV Freestyle® à Lutry [50] (Figure 11) est un exemple d'intégration poussée des cellules au silicium en couches minces. Du reste, on constate petit à petit un intérêt croissant du secteur de l'intégration du PV au bâtiment pour ce type de cellules. On attend avec impatience les résultats des mesures effectuées à Zurich sur 18 installations expérimentales comportant des modules à cellules en couches minces (projet 'DünnFilmTest' [68], Figure 12).



Fig. 11: Montage du système d'intégration PV en toiture à cellules amorphes triples 'Freestyle®' à Lutry (Photo: Solstis)



Fig. 12: Comparaison directe de 18 installations expérimentales comportant des cellules en couches minces (Photo: NET SA)

Les projets lancés en 2002 comprennent:

Installations

- ↓ PV-DünnFilmTest Migros Zurich (comparaison directe de 18 installations PV expérimentales comportant des modules à cellules en couches minces; direction: Energiebüro) [68], Figure 12
- ↓ Photovoltaik Obelisk (réalisation pilote de colonnes d'information d'architecture bien étudiée, pour l'espace public, alimentées en énergie par des installations PV autonomes intégrées; direction: Enecolo SA) [59]
- ↓ Installations photovoltaïques des remontées mécaniques Corviglia-Piz Nair à St-Moritz (réalisation d'une installation de 17,8 kW_c le long de la voie ferrée du Corviglia et d'une seconde de 13,5 kW_c à la station supérieure, intégrée en façade, à 3050 m d'altitude; direction: SunTechnicsFabrisolar SA) [60]
- ↓ Intégration en toiture avec le système Freestyle®, à Lutry (toiture entièrement photovoltaïque comportant des cellules amorphes triples, développement nouveau, intégration au bâtiment; direction: Solstis Sàrl) [50], Figure 11
- ↓ Installation de 70 kW_c sur le toit de Palexpo à Genève (installation en toiture, raccordée au réseau, située en un lieu très fréquenté, combinée avec 2 stations de recharge pour véhicules électriques; direction: SSES – Société suisse pour l'énergie solaire) [62]
- ↓ Installation photovoltaïque pare-soleil à modules CIS (utilisation expérimentale de modules à cellules CIS multifonctionnels semi-transparents, servant en même temps de pare-soleil dans un atrium; direction: Enecolo SA) [61]
- ↓ Installation AluStand de 27 kW_c, à Hünenberg (ZG) (installation de démonstration de la variante pour toiture plate du système de fixation des modules AluTec (AluStand), direction: Urs Bühler Energy Systems and Engineering) [74]
- ↓ RESURGENCE – Renewable Energy Systems for Urban Regeneration in Cities of Europe (réalisation d'installations PV d'une puissance totale de 1,3 MW_c en zone urbaine dans 5 pays d'Europe: Angleterre, Pays-Bas, Danemark, Allemagne et Suisse. Coordination de la participation suisse: Enecolo SA) [64]

Développement de composants

- ↓ Toiture photovoltaïque Alpur (toiture photovoltaïque à isolation thermique; intégration au bâtiment; direction: ZAGSOLAR) [44]

Campagnes de mesures

- ↓ Monitoraggio dell'impianto PV da 100 kW_c AET III (campagne de mesures détaillées sur l'installation PV révisée située en bordure de la voie ferrée CFF Bellinzzone-Locarno; direction: LEEE-TISO) [69]

Projets P+D en cours

Comme en 2001, différents projets en cours ont reçu le Prix solaire suisse pendant l'année sous revue.

L'immeuble Sunny Woods de 6 appartements et son concept global exemplaire aussi bien au plan architectural qu'en ce qui concerne l'énergie [48] (Figure 9) ont même fait l'objet d'une double distinction, le Prix solaire européen 2002 dans la catégorie des constructions solaires et le Prix solaire suisse 2002 dans la catégorie des installations les mieux intégrées.

Egalement distinguée par le Prix solaire suisse 2002 dans la catégorie des installations les mieux intégrées, l'installation photovoltaïque pare-soleil Dock Midfield de l'Aéroport de Zurich [58] (page de couverture), pour son excellente intégration multifonctionnelle répondant aux impératifs les plus sévères en matière d'architecture.

Un autre de ces Prix solaires suisses tant convoités est allé en 2002 à une troisième installation des projets P+D en cours: la toiture PV du Parking P+R de l'Etoile, à Genève (projet Photocampa [63], Figure 10). La catégorie était cette fois celle des meilleures installations PV.

La saison 2002 du catamaran solaire Mobicat [56] (Figure 13) a été un succès. Ce bateau de passagers de 150 places a transporté ces deux dernières années quelque 10'000 voyageurs et parcouru plus de 4'000 km. Jusqu'ici, ce bateau fort apprécié a été exploité principalement en mode charter. Pour la saison 2003, la Compagnie de navigation sur le lac de Bienne (BSG) a introduit des courses régulières destinées au grand public.

L'installation Solgreen de 10 kW_c, à Coire, combine de façon exemplaire toiture-jardin et panneaux photovoltaïques tout en atteignant une productivité record: 1222 kWh/kW_c. Les mesures faites laissent supposer que les modules PV en place ont des performances dépassant dans le sens positif les tolérances contractuelles! [51] (Figure 14)

L'installation PV de 12,75 kW_c intégrée en toiture dans la zone protégée du centre de Wettingen [49] (Figure 15) a, elle aussi, une très bonne année d'exploitation derrière elle. Occupant toute la surface du toit, cette installation à cellules cristallines a atteint l'excellente productivité de 980 kWh/kW_c.

Les cellules en couches minces des modules de plusieurs installations enregistrent aussi une bonne production d'énergie. Si les 1055 kWh/kW_c de l'installation de 16,8 kW_c à modules CIS, à St-Moritz [57] (Figure 16), ne surprennent pas, le résultat des modules de la même technologie CIS installés à Berthoud (projet Newtech [67], Figure 17) est étonnant: 1091 kWh/kW_c pendant la même période. L'installation à cellules triples au silicium amorphe faisant partie du même projet surprend aussi par ses 1033 kWh/kW_c nettement au-dessus de la moyenne.

Dans l'ensemble, on constate qu'un grand nombre de projets P+D ont obtenu des succès remarquables qu'il s'agit maintenant, dans la prochaine étape, de mettre en œuvre à grande échelle dans la pratique.



Fig. 13: Catamaran solaire Mobicat
(Photo: NET SA)



Fig. 14: Installation de 10 kW_c pour toiture-jardin, système Solgreen, à Coire
(Photo: NET SA)



Fig. 15: Intégration en toiture, 12,75 kW_c, à Wettingen
(Photo: NET SA)



Fig. 16: Installation de 16,8 kW_c à cellules CIS, à St-Moritz (Photo: LEE-TISO)

Les projets en cours sont les suivants:

Installations

- ↓ Héliotrope, 3 installations PV de 2 kW_c au Locle (comparaison directe d'installations identiques, au type de montage près (intégré au bâtiment, indépendant fixe ou à système de poursuite du soleil); direction: EIAJ, Le Locle) [80]
- ↓ Installation 'SolGreen' de 10 kW_c intégrée à une toiture-jardin (nouvelle structure porteuse pour toiture-jardin, intégration en toiture plate; direction: ars solaris hächler) [51], Figure 14
- ↓ Installation de 3 kW_c de la ferme des Amburnex (installation autonome mobile avec générateur diesel d'appoint, pour l'approvisionnement en électricité d'un alpage; direction: Services industriels de Lausanne) [55], Figure 18
- ↓ "Euro-toiture" PV de 3 kW_c au silicium amorphe (toiture PV isolée thermiquement à pièces métalliques emboîtées et à cellules amorphes triples, intégration au bâtiment; direction: PAMAG Engineering) [45], Figure 19
- ↓ Installation PV de l'A1 à Safenwil, de 75 kW_c, montée sur les parois anti-bruit de l'autoroute (combinaison du PV et de parois anti-bruit en bois, de conception modulaire sur la base d'éléments en partie préfabriqués; direction: Ekotech SA) [54], Figure 20

- ↓ 10 mini-systèmes PV intégrés en toiture (petite installation PV intégrée de 240 W_c, le plus souvent combinée avec une installation thermique, intégration au bâtiment; direction: Ernst Schweizer Metallbau SA) [47]
- ↓ Bateau de passagers à propulsion électrique assistée PV (catamaran d'une capacité de 150 passagers, avec une installation autonome de 20 kW_c pour l'alimentation de la propulsion électrique; direction: Minder Energy Consulting) [56], Figure 13
- ↓ Installations photovoltaïques de 283 kW_c du Dock Midfield de l'Aéroport de Zurich, dont 55 kW_c au titre d'installation PV de démonstration (intégration multifonctionnelle du photovoltaïque au bâtiment, avec fonction d'ombrage et exigences particulières de stabilité mécanique des modules; direction: ARGE Zayetta) [58], photo de couverture
- ↓ Installation photovoltaïque de 16,8 kW_c à modules CIS à St-Moritz (utilisation expérimentale de modules à cellules CIS dans une installation de cette taille, campagne de mesures détaillées; direction de la partie Installation du projet: Rätia Energie SA, direction de la partie Mesures: SUPSI-DCT, LEE-TISO) [57], Figure 16
- ↓ Intégration en toiture Sunny Woods de 16 kW_c (installation pilote PV intégrée en toiture, à cellules amorphes triples, dans un immeuble à appartements répondant au standard de la "maison passive"; direction: bureau d'architecture Kämpfen, et Naef Energietechnik) [48], Figure 9
- ↓ Centrale Solgreen 1 de 25 kW_c intégrée en toiture-jardin, à Zurich (utilisation expérimentale d'un support de module nouvellement développé pour les toitures-jardins; direction: Enecolo SA) [52], Figure 21
- ↓ Newtech, comparaison de trois installations de 1 kW_c (comparaison directe de trois installations équipées de cellules en couches minces de types différents – cellules silicium tandems amorphes, cellules silicium amorphes triples, cellules CIS; direction: HES de Berthoud) [67], Figure 17
- ↓ Intégration PV en toiture à Wettingen, de 12,75 kW_c (intégration PV harmonieuse en toiture, dans la zone protégée du centre de Wettingen; recherche de solutions aussi avantageuses que possible à l'aide de composants standard; direction: P.P. Stöckli et H.-D. Koepfel, co-propriétaires, et Energiebüro) [49], Figure 15
- ↓ Photocampa: installations PV pare-soleil multifonctionnelles (Parking de l'Étoile Figure 10, École de cirque, École de Lullier, Dock Midfield de l'Aéroport de Zurich; direction: Windwatt SA) [63],



Fig. 17: Installations expérimentales 3x1 kW_c Newtech, à Berthoud
(Photo: NET SA)



Fig. 18: Installation autonome de l'alpage des Amburnex
(Photo: Service industriels de la Ville de Lausanne)



Fig. 19: "Euro-toiture" de 3 kW_c PV amorphe, à Flums (SG) (Photo: NET SA)



Fig. 20: Installation de 75 kW_c sur les barrières anti-bruit de l'A1, à Safenwil (AG) (Photo: OFEN)



Fig. 21: Centrale PV Solgreen 1, à Zurich
(Photo: NET AG)



Fig. 22: SMS Box Newlink
(Photo: NewLink)

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 Anderegge) [43], Figure 22

Campagnes de mesures

- ↓ Campagne de mesures sur l'installation de 100 kW_c de l'A13 (direction: TNC Consulting SA) [65]
- ↓ Installation IBM de 47,5 kW_c (modules à revêtement de surface antialissant, installation sur toit plat; direction: awtec SA, Zurich) [66], Figure 23



Fig. 23: Installation de toiture plate d'IBM, à Zurich
(Photo: NET SA)

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

- ↓ Normalisation pour les systèmes PV (direction: Alpha Real) [70]
- ↓ Intégration de capteurs solaires hybrides thermique/PV aux systèmes pour le bâtiment (direction: S. Kropf, EPF Zurich) [71]
- ↓ 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) [72]
- ↓ Quality is the Key of the PV Market – accreditation / certification (élaboration de programmes pour l'assurance qualité dans le domaine du photovoltaïque; voir aussi la normalisation [70]; direction Alpha Real) [73]
- ↓ Programme PV 2002 Ecoles professionnelles des métiers de l'électricité (direction: TNC Consulting) [A]
- ↓ Statistique photovoltaïque suisse 2001 (direction: Energiebüro) [B]
- ↓ L'électricité solaire des compagnies d'électricité (direction: Linder Kommunikation SA) [C]

Les projets P+D suivants ont été achevés en 2002:

Installations

- ↓ Installation PV de 260 kW_c 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) [46]
- ↓ Trois installations PV de 10 kW_c montées sur des parois anti-bruit le long de l'autoroute (combinaison "photovoltaïque/protection anti-bruit", 3 installations prototypes; direction: TNC Consulting) [53]
- ↓ Bateau solaire de location Zholar sur le lac de Zurich (catamaran électrique de 6 places avec installation photovoltaïque autonome intégrée de 730 W_c pour l'alimentation de la propulsion; direction: Groupe régional zurichois de la SSES) [75]
- ↓ Héliotram, installations PV de 800 kW_c à Lausanne et Genève, à injection directe de courant continu dans le réseau d'alimentation des trams/trolleybus (direction: Sunwatt Bio Energie SA) [76]

Développement de composants

- ↓ Supports de modules SOLight (structure porteuse légère pour toitures plates; direction: Energiebüro) [40]
- ↓ 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) [41]
- ↓ 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) [42]

Campagnes de mesures

- ↓ Représentation et analyse des résultats de l'installation PV du Rothorn (direction: HES de Coire) [77]
- ↓ Chaîne solaire de 1 mégawatt des Forces motrices du Nord-Est de la Suisse (NOK) (données normalisées 1997 - 2001; direction: Axpo) [78]

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

PV City Guide: rapport final international; une publication nationale en trois langues est en préparation (installations PV réalisées en milieu urbain; direction de la participation suisse: NET SA) [79]

6. Evaluation 2002 et perspectives 2003

A l'échelle du monde, le marché du photovoltaïque explose, avec des taux de croissance de 30 à 40%, grâce aux programmes promotionnels de grande envergure de certains pays et à des tarifs généreux de reprise du courant électrique produit. A côté de cela, le marché suisse n'a pas été gâté pendant l'année sous revue, bien qu'il ait réussi à se maintenir à son niveau des années précédentes grâce aux bourses de courant solaire. La statistique IEA PVPS par pays montre que la Suisse recule, certes, par rapport à l'évolution sur les grands marchés de l'heure, notamment l'Allemagne et le Japon; sa position reste cependant enviable par rapport à de nombreux autres pays.

La croissance mondiale du marché du photovoltaïque a pour corollaire – en Suisse aussi, et cela malgré la modestie du marché intérieur – un intérêt grandissant de l'industrie pour cette technologie, qui est perçue comme une option pour le futur, dans l'optique d'une possible diversification vers des secteurs en croissance. Il est encourageant de constater l'augmentation nette des investissements des industriels dans la recherche et le développement photovoltaïques, à l'exemple d'Unaxis. Cette évolution prouve que la compréhension des rôles respectifs et la répartition des tâches entre les pouvoirs publics et l'économie privée portent leurs fruits: de plus en plus souvent, des résultats récents de la recherche conduisent à des activités industrielles et à de nouveaux produits. Vu le savoir-faire incontesté en la matière, il faut continuer à développer les possibilités d'exportation de services et de produits.

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

Un autre élément important est l'échange continu d'informations et les contacts avec de nouveaux groupes cibles. Dans ce but, le développement du site Internet du photovoltaïque www.photovoltaiic.ch s'est poursuivi. Les manifestations importantes de l'année 2003 ont été ou seront le 18^e Symposium du solaire photovoltaïque à Staffelstein (D) (12-14 mars 2003), la 3^e Conférence mondiale du photovoltaïque à Osaka (12-16 mai 2003), et la Conférence IEA PVPS d'Osaka (19-20 mai 2003).

Les efforts de mise en œuvre des résultats de la recherche vont se poursuivre en 2003. Le programme Photovoltaïque va continuer sur sa lancée, droit au but, avec le concours de tous les intervenants. Un élément décisif pour son développement sera bien sûr l'écho que rencontreront les premières mises au concours dans le cadre du 6^e programme-cadre de l'UE.

7. Liste des projets de recherche

(RA) Rapport annuel 2002 disponible

(RF) Rapport final disponible

ENET: Numéro de commande du rapport

Les différents rapports annuels sont disponibles auprès de <http://www.photovoltaiic.ch>.

Des rapports finals, vous trouverez au service d'informations ENET ou par <http://www.photovoltaiic.ch>.

De plus amples informations, vous trouverez auprès des sites Internet mentionnées ci-joint.

- [1] A. Shah, (arvind.shah@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel: **IMT 2000 - 2002 Technologische Weiterentwicklung der mikromorphen Solarzellen** (RA, RF) / <http://www-micromorph.unine.ch>
ENET: 230049
- [2] A. Shah, (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] Ch. Hollenstein, (christophe.hollenstein@epfl.ch), EPFL, Lausanne: **Large area and high-throughput coating system (PECVD) for silicon thin-film solar cells** (RA) / http://crppwww.epfl.ch/crpp_proc.htm
- [4] D. Fischer, (info@vhf-technologies.com), VHF-Technologies, Le Locle: **Aufrauen von Polymer Substraten (gezieltes Aufrauen von Plastikfolien für ein effizientes Light-Trapping in amorphen Solarzellen)** (RA) / <http://www.vhf-technologies.com>
- [5] J. Guillet, (Joelle.Guillet@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel: **Optical nano gratings for nano crystalline silicon solar cell** (RA) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [6] B. Bitnar, (Bernd.Bitnar@psi.ch), PSI-Villigen: **Thermophotovoltaik** (RA, RF) / <http://www.psi.ch>
ENET: 230048
- [7] A. Müller, (amueller@hct.ch), HCT SHAPING SYSTEMS, Cheseaux-sur-Lausanne: **RE-Si-CLE Recycling of Silicon Rejects from PV Production Cycle** / <http://www.hct.ch/>
- [8] A.N. Tiwari, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, Zürich: **PROCIS: Production of large area CIS modules** (RA) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [9] A.N. Tiwari, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, Zürich: **NANOCIS: Nanomaterials for high efficiency and low cost Cu (In,Ga) Se2 thin film solar cells - TOP NANO 21** (RA) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [10] M. Grätzel (michael.graetzel@epfl.ch), ICP2 / EPFL, Lausanne: **Dye sensitised nanocrystalline solar cells** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [11] M. Grätzel (michael.graetzel@epfl.ch), ICP2 / EPFL, Lausanne: **Highly efficient nanocrystalline solar cells for indoor applications - TOP NANO 21** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [12] M. Grätzel (michael.graetzel@epfl.ch), ICP2 / EPFL, Lausanne: **Outdoor measurements of new technology solar cells** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [13] M. Grätzel (michael.graetzel@epfl.ch), ICP2 / EPFL, Lausanne: **NANOMAX - dye-sensitised nanocrystalline solar cells having maximum performance** (RA) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>

- [14] G. Calzaferri, (gion.calzaferri@iac.unibe.ch), UNI, Bern: **Photochemische, Photoelektrochemische und Photovoltaische Umwandlung und Speicherung von Sonnenenergie** (RA) / <http://iacrs1.unibe.ch>
- [15] D. Fischer, (diego.fischer@vhf-technologies.com), VHF-Technologies, Le Locle: **Photoactive Composite Module** (RA) / <http://www.vhf-technologies.com>
- [16] P. Hofer, (ho@3-s.ch), 3S, Bern: **HIPERB: High performance photovoltaics in buildings** (RA) / <http://www.3-s.ch/>
- [17] P. Hofer, (ho@3-s.ch), 3S, Bern: **AFRODITE Advanced Façade and Roof Elements Key to Large Scale Building Integration of Photovoltaic Energy** (RA) / <http://www.3-s.ch/>
- [18] M. Kurth, (info@kurth-glas.ch), KURTH GLAS & SPIEGEL, Zuchwil: **ADVANTAGE Advances next generation rear contact module technology for building** (RA) / <http://www.kurth-glas.ch>
- [19] W. Lohwasser, (Wolfgang.Lohwasser@alcan.com), ALCAN PACKAGING SERVICES, Neuhausen: **HIPROLOCO Hight productivity and low cost for the encapsulations of thin film solar** / http://www.alcanpackaging.com/about/eng/about_rd.php
- [20] Ch. Roecker, (christian.roecker@epfl.ch), LESO / EPFL, Lausanne: **Demosite 2000 - 2002, Demosite (phase IV)** <http://www.demosite.ch> (RA, RF) / <http://lesomail.epfl.ch/>, ENET: 230047
- [21] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **EnerBuild: Energy in the built environment** <http://www.enerbuild.net> (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [22] D. Chianese, (domenico.chianese@dct.supsi.ch), LEEE, SUPSI - DCT, Canobbio: **Qualità e resa energetica di moduli ed impianti PV TISO - periodo VI: 2000-2002** (RA) / <http://www.lee.dct.supsi.ch>
- [23] D. Chianese, (domenico.chianese@dct.supsi.ch), LEEE, SUPSI - DCT, Canobbio: **Mean Time Before Failure of Photovoltaic modules (MTBF-PVm)** (RA) / <http://www.lee.dct.supsi.ch>
- [24] W. Durisch, (wilhelm.durisch@psi.ch), PSI, Villigen: **PV-Pro-Test-Datenbank - Energieertrag; Output of PV-Modules** (RA) / <http://www.psi.ch>
- [25] R. Kröni, (robert.kroeni@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **Energy Rating of Solar Modules; Workshop March 22, 2002 in Zürich** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [26] H. Häberlin, (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>
- [27] M. Villos, (mvillos@dynatex.ch), DYNATEX, Morges: **INVESTIRE Investigation on Storage Technologies for Intermittent Renewable Energies** (RA) /
- [28] S. Kunz, (remund@meteotest.ch), METEOTEST, Bern: **SoDa: Integration and Exploitation of networked Solar Radiation Databases** <http://www.soda-is.com> (RA) / <http://www.meteotest.ch>
- [29] P. Ineichen, (pierre.ineichen@cuepe.unige.ch), CUEPE, Genève: **Energy specific Solar Radiation Data from Meteosat Second Generation: The Heliosat-3 project** (RA) / <http://www.unige.ch/cuepe/>
- [30] W. Durisch, (wilhelm.durisch@psi.ch), PSI, Villigen: **Heizkessel für elektrisch-autarken Betrieb mittels thermophotovoltaischem Generator (HEAT)** / <http://www.psi.ch>

- [31] F. Foradini, (flavio.foradini@e4tech.com), E4TECH, Lausanne: **EURO-ISLAS: New and renewable energy sources for islands and remote regions** (RF) / <http://www.e4tech.com/>
- [32] H.-J. Mosler, (mosler@sozpsy.unizh.ch), UNIVERSITÄT, Zürich: **MSG: Combined project on multi-user solar hybrid grids** (RA) / <http://www.sozpsy.unizh.ch/sozpsy-gutscher.html>
- [33] P. Hüsler, (pius.huessler@novaenergie.ch), NOVA ENERGIE, Aarau: **Schweizer Beitrag zum IEA PVPS Programm, Task 1** (RA) / <http://www.novaenergie.ch/>
- [34] Th. Nordmann, (nordmann@tnc.ch), TNC CONSULTING, Erlenbach: **Schweizer Beitrag zum IEA PVPS Programm, Task 2** (RA) / <http://www.tnc.ch>
- [35] M. Villoz, ([mvilloz@dynatex.ch](mailto:mvillos@dynatex.ch)), DYNATEX, Morges: **IEA PVPS Task 3: Use of photovoltaic systems in stand-alone and island applications** (RA)
- [36] D. Ruoss, (sergio.taiana@ewz.stzh.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **IEA PVPS Task 5: Grid Interconnection of Building- Integrated and other dispersed Photovoltaic Power Systems** (RA, RF) / <http://www.solarstrom.ch> , ENET: 220330
- [37] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **IEA PVPS Task 7: Photovoltaic Power Systems in the Built Environment** (RA, RF) / <http://www.solarstrom.ch> , ENET: 220329
- [38] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen / A. Arter (alex.arter@entec.ch), ENTEC, St.Gallen: **Swiss Platform PV Development Cooperation and Contribution to IEA PVPS Task 9** (RA) / <http://www.photovoltatic.ch>
- [39] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen: **PV-EC-NET - Thematic Network for Co-ordination of European and National RTD Programmes on Photovoltaic Solar Energy** / <http://www.photovoltatic.ch>

8. Liste des Projets P+D

(RA) Rapport annuel 2002 disponible

(RF) Rapport final disponible

ENET: Numéro de commande du rapport

Les différents rapports annuels sont disponibles auprès de <http://www.photovoltaiic.ch>.

Des rapports finals, vous trouverez au service d'informations ENET ou par <http://www.photovoltaiic.ch>.

De plus amples informations, vous trouverez auprès des sites Internet mentionnées ci-joint.

- [40] Ch. Meier, (christian.meier@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, Zürich: **New Light-Weight Flat Roof Photovoltaic Module Mounting System** (RA, RF) / <http://www.energieburo.ch>
ENET: 220182
- [41] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **SOLGREEN- PV Anlagen auf Gründächern** (RA, RF) / <http://www.solarstrom.ch>
- [42] M. Real, (alphareal@access.ch), ALPHA REAL, Zürich: **Solar roof shingle Sunplicity** (RA)
- [43] E. Anderegg, (ean@newlink.ch), NEWLINK ANDEREGG, Füllinsdorf: **A Simple and Inexpensive Monitoring Unit for Solar Plants** (RA) / <http://www.newlink.ch>
- [44] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, Kriens: **Photovoltaic-Alpur-Roof** (RA) / <http://www.zagsolar.ch>
- [45] H. Kessler, (hke.pamag@flumroc.ch), PAMAG, Flums: **3 kWp PV Eurodach amorph**, (RA) / <http://www.flumroc.ch>
- [46] Ch. von Bergen, (sputnik@solarmax.com), SPUTNIK ENGINEERING, Nidau: **LonWorks as Field-bus for PV-Installations** (RA, RF) / <http://www.solarmax.com>
- [47] A. Haller, (andreas.haller@schweizer-metallbau.ch), ERNST SCHWEIZER, Hedingen: **10 Roof Integrated PV Small Scale Systems** (RA) / <http://www.schweizer-metallbau.ch>
- [48] B. Kämpfen, (info@kaempfen.com), BÜRO FÜR ARCHITEKTUR KÄMPFEN, Zürich / R. Naef, (naef@igjzh.com), NAEF ENERGIETECHNIK, Zürich: **Sunny Woods - Photovoltaik-Anlage in Blechdach integriert** (RA) / <http://www.kaempfen.com/>
- [49] H.-D. Koepfel, (hans-dietmar.koepfel@skk.ch), EIGENTÜMERGEMEINSCHAFT P.P. STÖCKLI & H.-D. KOEPPEL, Wettingen: **12.75 kWp PV Dachintegration Dorfkernzone Wettingen** (RA)
- [50] P. Affolter, (Pascal.affolter@solstis.ch), SOLSTIS, Lausanne: **Toiture photovoltaïque Freestyle de 5,5 kWp à Lutry** (RA) / <http://www.solstis.ch>
- [51] R. Hächler, (ars_solaris@freesurf.ch), ARS SOLARIS HÄCHLER, Chur: **Pilot installation 10 kWp Flat Roof System "SOLGREEN"** (RA, RF)
- [52] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **Solgreen Kraftwerk 1 Zürich** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [53] Th. Nordmann, (info@enecolo.ch), TNC CONSULTING, Erlenbach: **Three pilot 10 kWp integrated PV sound barrier fields** (RA, RF) / <http://www.tnc.ch> , ENET: 220264
- [54] R. Hottiger, (ig-solar@bluewin.ch), IG SOLAR SAFENWIL, Safenwil: **PV / Noise Barrier Installation "Alpha A1" in Safenwil** (RA) / <http://www.ekotech.ch> , <http://www.alpha-a1.ch>
- [55] P. Favre, (pierre-pascal.favre@lausanne.ch), SERVICES INDUSTRIELS, Lausanne: **Amburnex Solar Farm (3 kWp)** (RA) / <http://www.lausanne.ch/energie>
- [56] R. Minder, (rudolf.minder@bluewin.ch), MINDER ENERGY CONSULTING, Oberlunkhofen: **SolarCat - Solar - Electric Passenger Ship** (RA) / <http://www.minder-energy.ch>

- [57] N. Cereghetti, (nerio.cereghetti@dct.supsi.ch), TISO, Canobbio / F. Stöckli, RÄTIA ENERGIE, Poschiavo: **Monitoring of the 16.8 kWp PV-plant with CIS modules in St. Moritz** (RA) / <http://www.leeedct.supsi.ch>
- [58] M. Hubuch, (m.hubbuch@hsw.ch), HOCHSCHULE WÄDENWIL / Th. Gautschi (thomas.gautschi@amstein-walthert.ch), ARGE ZAYETTA, Zürich: **PV Anlage Dock Midfield Zürich Flughafen** (RA)
- [59] D. Ruoss, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf / W. Zemp, (info@zemp.tpz.ch), ZEMP+PARTNER DESIGN, Zürich: **PV Obelisk** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [60] W. Maag, (info@SunTechnics.ch), SUNTECHNICS FABRISOLAR, Küsnacht: **PV St. Moritz: Corvigliabahn, Piz Nair** (RA) / http://www.suntechnics.de/ch/unternehmen_1ak.htm
- [61] D. Ruoss, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **Monitoring of the CIS BIPV plant Würth in Choire** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [62] L. Keller, (office@sses.ch), SOCIETE SUISSE POUR L'ENERGIE SOLAIRE SSES, Bern: **Installation photovoltaïque à Palexpo** (RA) / <http://www.sses.ch>
- [63] A. Main, (parkingsolaire@windwatt.ch), WINDWATT, Genève / M. Schneider (schneider-m@bluewin.ch), SUNWATT BIO ENERGIE, Chêne Bourg: **PHOTOCAM-PA - PV grid connected system in parking and roof - parking P+R de l'Etoile, aéroport de Zurich, école de cirque, école de Lullier** (RA) / <http://www.windwatt.ch>
- [64] R. Kröni (robert.kroeni@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **RESURGENCE - Renewable Energy Systems for Urban Regeneration in Cities of Europe** (RA) / <http://www.solarstrom.ch>
- [65] Th. Nordmann, (nordmann@tnc.ch), TNC CONSULTING, Erlenbach: **100kWp PV- Netzverbundanlage A13 Messkampagne, Periode 2002** (RA) / <http://www.tnc.ch>
- [66] A. Schlegel, (andreas.schlegel@awtec.ch), AWTEC, Zürich: **Beschichtung von PV-Modulen** (RA) / <http://www.awtec.ch>
- [67] Ch. Renken, (heinrich.haeberlin@hta-bu.bfh.ch), ADEV BURGDORF represented: BERNER FACHHOCHSCHULE HTA, Burgdorf: **Newtech, Vergleich 3 x 1 kWp Dünnschichtzellenanlagen** (RA) / <http://www.pvtest.ch>
- [68] R. Frei, (info@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, Zürich: **PV-ThinFilmTest** (RA) / <http://www.energieburo.ch>
- [69] S. Rezzonico (sandro.rezzonico@dct.supsi.ch), LEEE-TISO, DCT, SUPSI, Canobbio: **Monitoraggio dell'impianto PV da 100 kWp AET III a Riazzino** (RA) / <http://www.leeedct.supsi.ch>
- [70] M. Real, (alphareal@access.ch), Alpha Real AG, Zürich, **IEC Normenarbeit für PV Systeme** (RA) / <http://www.iec.ch>
- [71] S. Kropf, (kropf@hbt.arch.ethz.ch) ETH, Zürich: **Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen** (RA) / <http://www.airflow.ethz.ch>
- [72] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen: **REMAC 2000 - Renewable energy market accelerator 2000** (RA)
- [73] M. Real, (alphareal@access.ch), ALPHA REAL, Zürich, **Quality ist the Key of the PV Market - accreditation / certification** (RA)
- [74] U. Bühler (u.bue_cham@bluewin.ch), URS BÜHLER ENERGY SYSTEMS AND ENGINEERING, Cham: **27 kWp Anlage AluStand**
- [75] R. Schmid, (roli.schmid@gmx.ch), SSES REGIONALGRUPPE, Zürich: **Zholar, Mietsolarboot auf dem Zürichsee** (RF) / www.sses.ch/zuerich/solarboot, ENET: 220215
- [76] M. Schneider, (schneider-m@bluewin.ch), SUNWATT BIO ENERGIE, Chêne Bourg: **HELIOTRAM: 800 kWp PV power plants for direct injection in light train low voltage D.C. networks**

- [77] M. Schalcher, (Max.Schalcher@fh-htwchur.ch), HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT HTW, Chur: **Visualisation and Analysis of the Data of the 4,1kWp PV-Power Plant Rothorn** (RF) / <http://www.fh-htwchur.ch>, ENET: 220150
- [78] S. Roth, (stefan.roth@axpo.ch), AXPO, Zürich: **NOK's 1-Megawatt Solar Chain, Normalized Data 1997 to 2001** (RF) / <http://www.axpo.ch>, ENET 220184
- [79] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen: **PV City Guide** (RF) / <http://pvcityguide.energyprojects.net>, ENET: 230046
- [80] G. Jean-Richard, (jeanrichard@eicn.ch), EICN, Le Locle: **PV Anlage Héliotrope EICN** / <http://www.eiaj.ch>

- [A] Th. Nordmann, (nordmann@tnc.ch), TNC CONSULTING, Erlenbach: **PV on vocational Colleges in Switzerland, Data acquisition campaign** (RA) / <http://www.tnc.ch>
- [B] Ch. Meier, (christian.meier@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, Zürich, **Photovoltaic Energy Statistics of Switzerland 2001** (RA) / <http://www.energieburo.ch>
- [C] E. Linder, (linder@linder-kom.ch), LINDER KOMMUNIKATION, Zürich, **Solar electricity from the utility** (RA) / <http://www.linder-kom.ch> / <http://www.strom.ch/deutsch/ch-strom/solarstrom-ew.asp>

9. Bibliographie

- [81] **Forschungskonzept Photovoltaik 2000 – 2003**, Bundesamt für Energie, 2001, <http://www.photovoltai.ch>
- [82] **Sustainable Technologies International STI**, Queanbeyan NSW Australia, <http://www.sta.com.au/>
- [83] **Meteonorm 4.1, Global Meteorological Database for Solar Energy and Applied Meteorology**, <http://www.meteotest.ch>
- [84] **European Solar Radiation Atlas ESRA**, <http://www.helioclim.org/esra/>
- [85] **Annual Report 2002**, IEA PVPS, 2002, <http://www.iea-pvps.org/>
- [86] **National Survey Report on PV Power Applications in Switzerland 2001**, P. Hüsser, (pius.huesser@novaenergie.ch), Nova Energie, June 2002
- [87] **Trends in Photovoltaic Applications in selected IEA countries between 1992 and 2001**, IEA PVPS Task 1 – 11: 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [88] **IEA PVPS Newsletter**, zu beziehen bei Nova Energie, Schachenallee 29, 5000 Aarau, Fax 062 834 03 23, (pius.huesser@novaenergie.ch)
- [89] **Performance Database**, IEA PVPS Task 2, Version 1.19, July 2001, <http://www.task2.org>
- [90] **Testing of batteries used in Stand Alone PV Power Supply Systems**, IEA PVPS T3-11: 2002, October 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [91] **Management of batteries used in Stand Alone PV Power supply systems**, IEA PVPS T3-10: 2002, December 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [92] **Use of Appliances in Stand Alone PV Power supply systems**, IEA PVPS T3-9: 2002, September 2002, <http://www.iea-pvps.org>

- [93] **Grid-connected PV power systems: survey of inverter and related protection equipments**, IEA-PVPS T5-05: 2002, February 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [94] **International guideline for the certification of photovoltaic system components and grid-connected systems**, IEA-PVPS T5-06: 2002, February 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [95] **Probability of islanding in utility networks due to grid connected photovoltaic power systems**, IEA-PVPS T5-07: 2002, February 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [96] **Risk analysis of islanding of photovoltaic power systems within low voltage distribution networks**, IEA-PVPS T5-08: 2002, February 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [97] **Evaluation of islanding detection methods for photovoltaic utility-interaction power systems**, IEA-PVPS T5-09: 2002, February 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [98] **Impacts of power penetration from photovoltaic power systems in distribution networks**, IEA-PVPS T5-10: 2002, February 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [99] **Grid-connected photovoltaic power systems: power value and capacity value of PV systems**, IEA-PVPS T5-11: 2002, February 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [100] **Potential for Building Integrated Photovoltaics**, IEA PVPS T7-04: 2001, <http://www.iea-pvps.org>
- [101] **Guidelines for the Economic Evaluation of Building Integrated Photovoltaics**, IEA PVPS T7-05: 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [102] **Market Deployment Strategies for Photovoltaics in the Built Environment**, IEA-PVPS T7-06: 2002, September 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [103] **Innovative electrical concepts**, IEA-PVPS T7-07: 2001, <http://www.iea-pvps.org>
- [104] **Reliability Study of Grid Photovoltaic Systems**, IEA-PVPS T7-08: 2002, March 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [105] **L'integrazione architettonica del fotovoltaico esperienze compiute**, IEA PVPS Task 7, September 2002, Gangemi Editore
- [106] **PV/Thermal Solar Energy Systems, Status of the Technology and Roadmap for future Development**, IEA-PVPS T7-10, <http://www.iea-pvps.org>
- [107] **Executive Summary Report - Non-technical Barriers to the commercialisation of Photovoltaic Power in the Built Environment**, IEA-PVPS T7-10, <http://www.iea-pvps.org>
- [108] **Education & training material for architects CD**, IEA PVPS Task 7, Novem (NL), zu beziehen bei ENET, www.energieforschung.ch, ENET: 220209
- [109] **Designing with Solar Power - A source book for Building Integrated PV**, Task 7, The Images Publishing Group, <http://www.imagespublishinggroup.com>
- [110] **Financing Mechanisms for Solar Home Systems in Developing Countries**, IEA PVPS T9-01: 2002, September 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [111] **Nationale Photovoltaiktagung 2002**, SUPSI, Lugano, Mai 2002, Unterlagen zu beziehen bei NET, Waldweg 8, CH - 1717 St. Ursen, info@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@netenergy.ch

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

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

11. Abréviations utilisées et sites internet

Termes généraux

PV EZA Photovoltaïque – coopération au développement <http://www.photovoltaiic.ch>

Institutions de supports financiers

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

Institutions nationales

AES	Association des entreprises électriques suisses	http://www.strom.ch
CORE	Commission fédérale pour la recherche énergétique	http://www.energie-schweiz.ch/bfe/de/forschung/core/
CRPP	Centre de Recherche en Physique des Plasmas EPFL	http://crppwww.epfl.ch
CTI	Commission pour la Technologie et l'Innovation	http://www.admin.ch/bbt/d/index.htm
CUEPE	Le Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie	http://www.unige.ch/cuepe
DDC	Direction du développement et de la coopération	http://www.deza.admin.ch
EIAJ	Ecole d'Ingénieurs de l'Arc jurassien	http://www.eiaj.ch
ENET	Réseau d'information et de transfert de technologie en matière d'énergie	http://www.energieforschung.ch
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne	http://www.epfl.ch
EPFZ	Ecole Polytechnique Fédérale Zurich	http://www.ethz.ch
EWZ	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich	http://www.ewz.ch
HES Berthoud	Haute école spécialisée Berthoud	http://www.hta-bu.bfh.ch
HES Coire	Haute école spécialisée Coire	http://www.fh-htwchur.ch
ICP	Institut de Chimie Physique EPFL	http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html
IMT	Institut de Microtechnique Universität Neuchâtel	http://www-imt.unine.ch
IQE	Institut für Quantenelektronik ETHZ	http://www.iqe.ethz.ch
LEEE - TISO	Laboratorio di Energia, Ecologia ed Economia - Ticino Solare	http://www.leeedct.supsi.ch
LESO	Laboratoire d'Energie Solaire EPFL	http://lesomail.epfl.ch/
LFEM	Laboratoire fédéral d'essai des matériaux	http://www.empa.ch
OFEFP	Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage	http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/
OFEN	Office fédéral de l'énergie	http://www.admin.ch/bfe

OFES	Office fédéral de l'éducation et de la science	http://www.admin.ch/bbw
OFFT	Office fédéral de la formation professionnelle et de la technologie	http://www.admin.ch/bbt
PSI	Paul Scherer Institut	http://www.psi.ch
SECO	Secrétariat d'Etat à l'économie	http://www.seco-admin.ch
SI Lausanne	Services Industriels Lausanne	http://www.lausanne.ch/energie
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana	http://www.lee.dct.supsi.ch

Organisations internationales

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

Institutions et entreprises privées

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

12. Sites internet complémentaires

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