

SOMMAIRE

RESUME	2
SYNTHESE	3
1 - Approche du sujet	3
2 - Objectif de l'étude	3
3 - Diagnostic	4
4 – La situation générale en Europe	8
5 - La situation française	9
6 – Conclusion et recommandations	10
7 - Tableau comparatif	13
8 - Orientations bibliographiques	14
FICHES DE CAS	15
Amersfoort (NL)	16
Barcelona (ES)	20
Brøndstrup (DK)	24
Karlsruhe (DE)	29
Lausanne (CH)	34
Mataró (ES)	39
München (ES)	43
Palermo (IT)	47
Zürich (CH)	51

Résumé

Lorsqu'on parle aujourd'hui d'énergie photovoltaïque que, quasiment tout le monde pense aux coûts d'investissement d'une installation avec l'image que cela coûte très cher. Cette image d'une énergie onéreuse et peu rentable colle toujours au photovoltaïque que et il faudra probablement un saut technologique nouveau pour permettre de réduire les coûts autant qu'il serait nécessaire. Cependant, la croissance du marché des modules photovoltaïques au cours des cinq dernières années atténue quelque peu cette image. En milieu urbain, l'énergie photovoltaïque que est en train de percer et les réalisations se font de plus en plus nombreuses. Expression d'une volonté politique, d'une volonté de contribuer au développement de nouveaux marchés, d'être démonstratif. Les exemples de cas présentés dans cette étude montrent que les opportunités d'utiliser et de promouvoir l'énergie solaire pour produire de l'électricité ne manquent pas.

Les actions suivantes sont décrites dans les différentes fiches : installation sur des bâtiments publics, intégration du photovoltaïque que dans la planification urbaine, applications dans le secteur des transports / déplacement urbain, programmes de sensibilisation, de promotion, de subvention et d'incitation, bourse d'électricité solaire / promotion de "courant vert".

L'industrie du solaire photovoltaïque que connaît en Europe depuis la fin des années 90 une vive évolution qui s'est confirmée en 2000. Sous l'impulsion de l'Allemagne, la croissance du marché, qui était déjà de 10 à 15 % par an depuis 1985, s'est encore amplifiée. Cette évolution est maintenant devenue pérenne en Allemagne où un tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque que à 0,50 euro/kWh (0,99 DM/kWh) été voté en février 2000.

Il faut constater qu'il n'existe encore nulle part en France de stratégie municipale pour le développement du solaire photovoltaïque que, en dehors de zones situées à l'écart du réseau ou d'équipements de mobilier urbain (abribus, horodateurs, etc.). Un nombre limité d'installations raccordées au réseau ont été réalisées en milieu urbain, mais en général pas sous l'effet d'une politique municipale, mais certaines régions y ont contribué financièrement, avec l'ADEME, en Rhône-Alpes et en Franche-Comté par exemple. Au niveau d'une collectivité locale une première installation d'un toit photovoltaïque que a cependant été réalisée à Lutterbach, en Alsace, en 1997. La politique nationale a toujours été réservée sur ce sujet bien que l'on sente à présent, sous l'effet de la directive européenne "énergies renouvelables" qui devrait être adoptée définitivement en 2001, que la situation évolue quelque peu.

Les opportunités visant planifier et à construire des installations photovoltaïques intégrées aux bâtiments ne manquent pas, c'est plutôt une politique cohérente de promotion qui fait encore défaut au niveau local comme au niveau national. Les autorités locales sont l'un des acteurs les plus importants, si ce n'est le plus important, lors de la réalisation de projets photovoltaïques.

A partir des expériences des villes décrites dans les études de cas, voici quelques indications à l'attention des communes qui souhaiteraient renforcer l'utilisation de l'énergie solaire ou plus généralement des énergies renouvelables :

- > Développement d'un "plan d'action local énergies renouvelables",*
- > La municipalité comme inspirateur des projets PV : promotion de la technologie photovoltaïque que, campagnes de sensibilisation à l'attention du grand public,*
- > La municipalité comme partenaire coopératif dans les projets PV,*
- > La municipalité comme organisateur d'un réseau d'experts,*
- > Elaboration d'un programme de soutien financier.*

Dans un contexte énergétique qui change et qui s'ouvre davantage aux innovations, il est probable que la France adopte elle aussi une tarification incitative pour l'électricité produite à partir du photovoltaïque que. Avec un tel cadre, L'ADEME aurait plus de facilité pour convaincre les communes de jouer un rôle actif et à les assister en cela.

Synthèse

1. Approche du sujet

L'utilisation des énergies renouvelables, et plus spécialement celle de l'énergie solaire est un sujet qui préoccupe presque tous les pays européens. Certains d'entre eux sont déjà en phase de définition d'un plan d'action national alors que d'autres s'ouvrent tout juste à ces réflexions. Sur le plan communautaire, les choses bougent et une directive européenne est en préparation. Dans tous les cas, de nombreuses expériences pilotes sont mises en œuvre.

Les opérateurs intéressés par le sujet sont variés : les fabricants, les installateurs, les urbanistes, les architectes, les distributeurs d'énergie, les associations de protection de l'environnement, les collectivités locales, etc.

Ces dernières représentent un niveau de mobilisation et d'action indispensable pour dépasser le stade d'opération pilote. Aujourd'hui, l'utilisation du solaire photovoltaïque n'est pas encore au seuil de la rentabilité et ne peut pénétrer le marché qu'avec des mesures de soutien, telles que celles prévues dans la loi allemande votée en février 2000.

Cependant, le développement d'un plan d'action concernant le solaire photovoltaïque est important (pour les municipalités) à plusieurs titres :

- > pénétration des énergies renouvelables dans le marché local et régional,
- > diversification de l'offre d'énergie,
- > création d'emplois au niveau local,
- > le bon exemple donné sur ses propres bâtiments,
- > être leader d'un mouvement énergie renouvelable/environnement,
- > réduction des émissions polluantes.
- > amélioration de la qualité de vie en milieu urbain,

Les interventions des municipalités peuvent être de natures très différentes. Elles peuvent naître par exemple suite à des contraintes réglementaires, à des incitations financières, à une motivation d'un groupe d'élus, à des propositions émanant de responsables de services municipaux, à des installations exemplaires sur des bâtiments publics et transférées à l'entreprise communale par le contrat de concession.

2. Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est, à partir d'exemples européens, d'observer ce que sont les politiques des municipalités ou des entreprises municipales en matière de développement du solaire photovoltaïque au niveau local. L'approche varie fortement entre les villes.

Cette étude est menée en parallèle avec le projet City-RES, soutenu par le programme ALTENER, dont une partie est consacré à des fiches de bonnes pratiques dans le domaine du photovoltaïque (voir bibliographie).

3. Diagnostic

Après avoir analysé l'expérience des villes sollicitées, neuf villes ont été choisies, l'objectif était de présenter un panel des différentes approches et actions. Nous avons choisi des villes qui ont une expérience qui date déjà de quelques années et qui ont obtenus des résultats encourageants. Les actions suivantes sont décrites dans les différentes fiches (voir également le tableau comparatif) :

- > Installation sur des bâtiments publics,
- > Intégration du PV dans la planification urbaine,
- > Applications dans le secteur des transports / déplacement urbain,
- > Programmes de sensibilisation, de promotion, de subvention et d'incitation,
- > Bourse d'électricité solaire / promotion de "courant vert".

Lorsqu'on parle aujourd'hui d'énergie photovoltaïque que, quasiment tout le monde pense aux coûts d'investissement d'une installation et on croit que cela coûte cher, même très cher. Cette image d'une énergie onéreuse et extrêmement peu rentable colle toujours au photovoltaïque. Mais la croissance des chiffres de production des modules photovoltaïques au cours des cinq dernières années, presque entièrement due – pour ce qui concerne l'Europe – à la forte expansion des installations reliées au réseau public, contredit un peu cette image. En milieu urbain, l'énergie photovoltaïque est sur le point de percer sur le marché pour peu qu'elle soit accompagnée. Les exemples de cas présentés dans cette étude le montrent : s'il existe une volonté politique, les opportunités d'utiliser l'énergie solaire pour produire de l'électricité ne manquent pas.

3.1 Installations sur des bâtiments publics (fiches – Barcelona, Brædstrup, Lausanne, Mataró, München)

L'installation des panneaux photovoltaïques sur un bâtiment municipal a constitué un premier pas pour gagner la confiance avec cette technologie et pour montrer le bon exemple. Parfois ce premier pas est très modeste, comme à Brædstrup, où une installation d'une puissance de seulement 5 kW_c a été posée sur le toit d'une école. Le principal objectif de cette installation de R&D consistait à réaliser les premières expériences avant de démarrer des programmes plus vastes. A Barcelona, Lausanne, Mataró et München des bâtiments beaucoup plus représentatifs avec une forte fréquentation du public ont été choisis, respectivement la mairie (100 kW_c), le stade olympique (65 kW_c), la bibliothèque municipale (53 kW_c) et le parc d'expositions (1 MW_c). Il faut dire que toutes ces installations ont bénéficié de subventions de la Commission européenne, de l'Etat, ou des deux.

En matière de production d'électricité, toutes les installations ont jusqu'à présent répondu aux attentes et ont notamment montré que :

- > Le PV est une technologie fiable,
- > Il n'y a pas de problèmes avec la connexion au réseau,
- > Les coûts de maintenance sont faibles,
- > Cela contribue aussi à la réduction des émissions CO₂,
- > Une intégration parfaite dans les bâtiments est possible,
- > Les projets ont souvent une valeur esthétique,
- > Une grande acceptation de l'opinion publique vis à vis de cette technologie existe,
- > Le remplacement de matériaux de construction peut limiter les surcoûts.

Les projets de construction ou de rénovation de bâtiments communaux constituent toujours de bonnes occasions d'intégrer des modules photovoltaïques. Grâce à une bonne planification du projet, il est possible de limiter les coûts et de créer des ensembles d'une grande qualité architecturale. Les communes jouent ainsi un rôle de précurseur. Elles font preuve d'une politique communale visionnaire tenant compte des aspects économiques, écologiques, sociaux et novateurs. Toutes les collectivités présentées, encouragées par leur succès, ont pris de nouvelles mesures d'incitation à la production d'électricité solaire.

3.2 Intégration du PV dans la planification urbaine (fiches - Amersfoort, Brædstrup)

Une des premières conditions pour le démarrage d'un programme d'énergie solaire est son intégration dans la planification énergétique urbaine. Le plan énergétique élaboré par une ville doit faire ressortir clairement la position des énergies renouvelables dans la production énergétique locale. Un objectif concret en terme de nombre d'installations ou de surface de panneaux photovoltaïques - ainsi que de capteurs solaires thermiques - à atteindre d'ici une année déterminée (2010) peut exercer sur tous les acteurs un accroissement de motivation plus fort que la simple prescription d'une réduction des émissions de CO₂. De plus, la construction de nouveaux quartiers est toujours une opportunité pour intégrer un volet solaire dans le plan d'aménagement comme le montre bien l'exemple d'Amersfoort. Le plan d'urbanisme pour le quartier Niewland fut conçu afin de garantir une installation (optimale) du maximum de panneaux solaires sur le plus grand nombre d'habitations. Il fut également demandé que tous les promoteurs et concepteurs coopèrent à la mise en œuvre de ce projet solaire. 570 habitations comptent 20 m² ou plus de panneaux photovoltaïques, la puissance totale installée étant de 1,3 MW_c.

A Brædstrup la compagnie d'électricité s'est concentrée sur les bâtiments résidentiels existants en lançant le projet "sun-city" - 30 installations sur les toits de cette petite commune d'environ 5.000 habitants. Encouragé par le succès de ce projet, un programme était lancé fixant comme objectif l'équipement de 300 toits. Au début dans les deux projets, la compagnie d'électricité était propriétaire des installations mais aujourd'hui la plupart des installations sont vendues aux résidents.

Il est particulièrement intéressant que, dès le début, une grande partie de la population soit impliquée dans le programme relatif à l'énergie solaire. La collaboration, dans le cadre d'une commission de conseil ("Table ronde"), avec les associations de protection de l'environnement, les syndicats, les fournisseurs industriels d'installations solaires et autres organismes contribue à ce que le plan de développement soit, dès le départ, soutenu par le plus grand nombre possible d'acteurs. Ce soutien - issu d'une coopération étroite entre les acteurs - montre l'importance de l'initiative municipale, la proximité des acteurs facilitant le lancement et l'organisation d'un tel processus.

Une évaluation régulière (y compris la visualisation de la production d'électricité) et la publication des succès constituent un autre élément important du plan d'action communal. Dans ce contexte, les effets écologiques de cette utilisation de l'énergie doivent toujours être particulièrement mis en évidence.

3.3 Applications dans le secteur des transports (fiches Karlsruhe, Palermo)

Quels sont les débouchés de l'énergie photovoltaïque ? Certains songent aux installations intégrées aux toitures, qui injectent l'énergie produite au réseau public, ou à l'approvisionnement en électricité de bâtiments isolés, de parcmètres et d'arrêts de bus. Mais la plupart des gens ignorent que l'énergie solaire est déjà utilisée depuis quelques années dans le domaine des transports publics. L'électricité produite par une installation photovoltaïque peut être directement apportée au réseau des tramways. Une première installation a été construite à Bern, en Suisse en 1995.

Karlsruhe, une ville déjà connue pour sa politique innovante d'encouragement des transports publics, a également effectué un travail de pionnier dans ce domaine. A partir de l'expérience de Bern, elle a grandement simplifié l'apport de l'électricité au réseau de tramways, ce qui a entraîné une nette baisse des coûts d'installation. D'autres potentiels d'économie ont été mis en évidence et déjà appliqués dans d'autres projets, citons entre autres Hannover, Wuppertal ou Genève.

Pourquoi ne pas intégrer à l'avenir la propulsion solaire aux études de faisabilité lors de la planification de nouvelles lignes de tramway ?

Palermo se montre très cohérente dans sa politique de restriction des transports individuels et de la pollution sonore et de l'air qui en résulte. Partenaire d'un projet européen ambitieux, la ville innove en limitant les transports individuels dans le centre de la ville aux véhicules électriques, et en créant un pool de car-sharing proposant des voitures et des scooters électriques. Une installation photovoltaïque installée sur le toit du garage des véhicules électriques fournit une partie de l'électricité nécessaire.

3.4 Programmes de sensibilisation, de promotion, de subvention et d'incitation (fiches Amersfoort, Karlsruhe, Lausanne, München)

Le recours déjà important à l'énergie photovoltaïque et sa progression rapide dans certains pays (aux Pays-Bas et dans l'espace germanophone) est simple à expliquer : il s'agit exclusivement d'une question de volonté politique. Dans ces pays, le mouvement anti-nucléaire, les problèmes découlant d'une industrialisation poussée et une plus grande densité de population ont fait naître une conscience aiguë pour l'environnement. La "base" réclame depuis longtemps une large utilisation des énergies renouvelables. Cette pression venant du bas a bien obtenu l'impact politique escompté et dans certaines communes, les exigences des politiques vont même plus loin que celles de beaucoup de citoyens.

Les programmes d'incitation à l'utilisation de l'énergie solaire, aussi bien électrique que thermique, se multiplient, et les cas de Amersfoort, Lausanne, Karlsruhe et München ne sont que quelques exemples, vous en trouverez d'autres dans la série des bonnes pratiques de CityRES (www.energie-cites.org).

Quelques villes attribuent des subventions directes liées aux investissements ou proposent la vente bon marché de petites installations standard comme le "kit photovoltaïque" à Lausanne (0,1 kW_c).

Outre un soutien financier, le conseil individuel aux citoyens concernant les installations solaires s'avère être le second pilier important d'un programme relatif à l'énergie solaire. Par le biais de ce conseil dispensé par l'acteur responsable (plus souvent les Stadtwerke ou une agence locale de la maîtrise de l'énergie que la ville elle-même), les particuliers peuvent prendre connaissance des avantages des installations solaires et, dans beaucoup de cas, être persuadés du bien fondé d'une telle installation. Une vaste campagne de marketing est également indispensable au succès du programme de sensibilisation et de promotion. A l'appui de la publicité réalisée dans différents médias, de manifestations générales d'information (comme les journées solaires à München), la population doit être informée sur l'utilisation de l'énergie solaire et être sensibilisée à la problématique des sources d'énergie primaire et de la pollution de l'environnement.

Cette énumération serait incomplète si nous n'évoquions pas les installations auxquelles participent les citoyens (Karlsruhe, München) ou des programmes tels que "Du soleil dans les écoles". L'exemple de Karlsruhe nous semble tout particulièrement intéressant : les écoles ont pris part à un concours afin d'obtenir les installations subventionnées et ont même dû apporter leur propre contribution au projet. Ceci a permis d'obtenir une meilleure sensibilisation et un meilleur entretien des installations. Tous ces projets s'accompagnent certes d'avantages économiques, ce qui ne signifie pas pour autant qu'ils sont systématiquement plus rentables, et ce qui ne constitue en aucun cas une explication suffisante pour leur succès. Une prise de conscience a incontestablement eu lieu dans ce domaine.

De nombreuses communes réussissent également à intégrer d'autres acteurs au niveau local comme la chambre de commerce, les associations d'artisans et de consommateurs ou les banques dans leur politique énergétique. Dans le cadre des programmes de soutiens communaux, les banques par exemple mettent à disposition des crédits à des taux d'intérêts particulièrement avantageux et non soumis aux lourdeurs administratives.

3.5 Bourse d'électricité solaire / promotion du "courant vert" (fiches – Karlsruhe, Zürich)

La bourse d'électricité solaire et le "courant vert" sont deux termes qui désignent à peu près le même concept de marketing. Les distributeurs communaux d'énergie (ainsi que des entreprises privées) offrent à leurs clients de l'électricité produite par des installations photovoltaïques avec un supplément fixe par rapport au tarif habituel de l'électricité. Les recettes vont à un fonds de financement des nouvelles installations.

En Allemagne, où le courant vert est assez répandu, le système se base sur la tarification à prix coûtant du rachat de l'électricité solaire injectée dans le réseau public ("kostendeckende Einspeisevergütung"). A partir de 1994, Aachen (Aix-la-Chapelle) a été la première ville d'Allemagne à appliquer un tarif d'un euro/kWh sur une période de 20 ans pour l'électricité solaire fournie au réseau local. De nombreuses communes ont suivi cet exemple, avec des tarifs divers. La pression sur les coûts qu'a entraîné la libéralisation du marché de l'électricité n'a pas permis aux Stadtwerke de maintenir ce système. Elles ont dû faire appel à la conscience des consommateurs pour l'environnement afin de commercialiser le courant vert et de continuer d'encourager la pénétration sur le marché de cette technologie (voir la fiche de cas Brême de la série des bonnes pratiques CityRES). En raison de la réglementation fédérale de la tarification de l'électricité, l'intérêt des ménages pour le courant vert a baissé.

Les Stadtwerke maintiennent l'offre car cela leur permet d'une part d'investir elles-mêmes dans cette technologie, d'autre part car les clients respectueux de l'environnement attachent une grande importance à l'achat d'électricité "propre".

Depuis mai 1997, la population de la ville de Zürich peut commander de l'électricité solaire. La compagnie communale de Zürich achète de l'électricité solaire sur le marché libre et la propose à ses clients sans majorer le prix moyen de toutes les livraisons d'électricité solaire. La compagnie joue ainsi un rôle d'intermédiaire actif entre les fournisseurs de courant solaire d'une part et ses clients d'autre part. Le prix de l'électricité solaire a baissé de 20 % en trois ans à 0,61 euro/kWh. Le modèle a trouvé des imitateurs : début 2000, 80 sociétés distributrices proposaient de l'électricité solaire en Suisse.

4. La situation générale en Europe

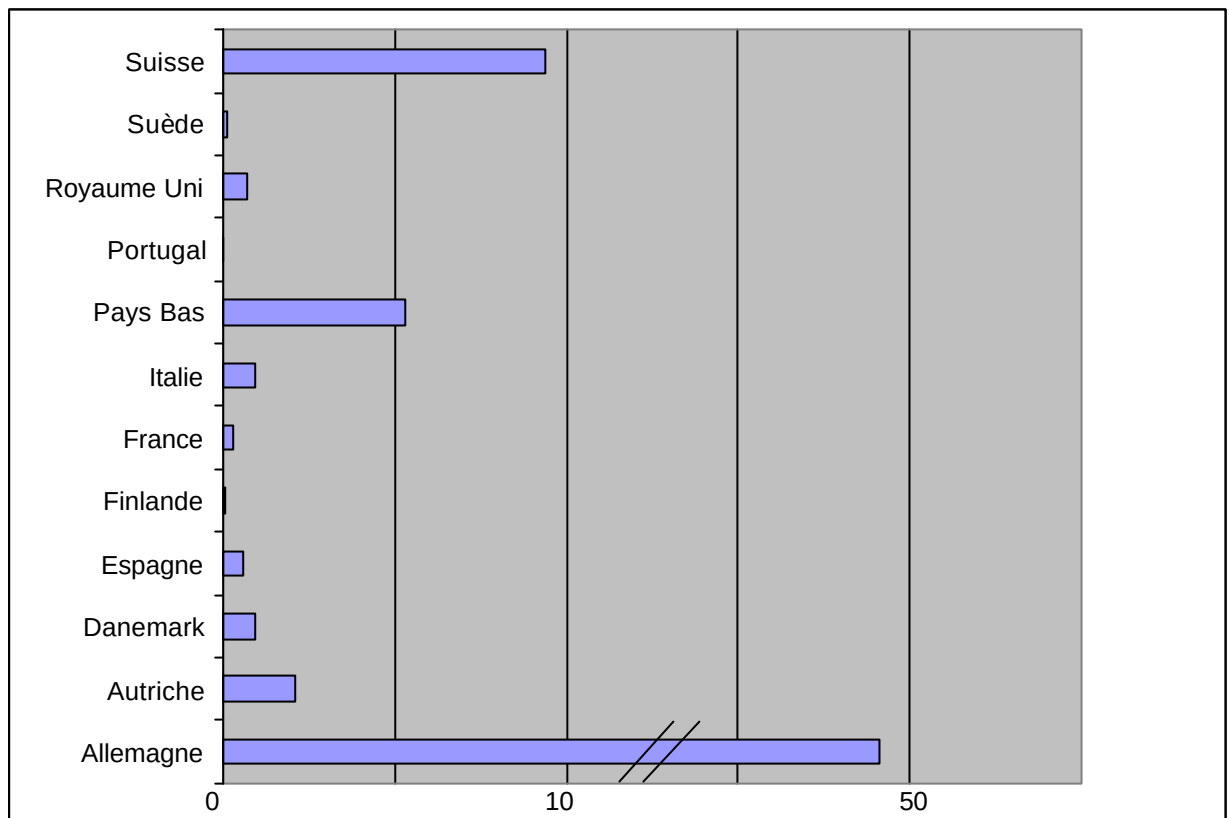
Une vue plus globale vers les différents pays européens offre une étonnante diversité de situations pour le photovoltaïque connecté au réseau, par la quantité autant que par les approches et les méthodes utilisées. Cette diversité repose sur des histoires, des cultures et des traditions locales.

L'industrie du solaire photovoltaïque connaît en Europe depuis 3 ans une vive évolution qui a pu se confirmer en 2000. Sous l'impulsion de l'Allemagne, la croissance du marché, qui était déjà de 10 à 15 % par an depuis 1985, s'est encore amplifiée et surtout, la part des générateurs connectés au réseau, essentiellement en milieu urbain, est devenue égale en 1999 à celle des générateurs en sites isolés (voir aussi graphique). Cette évolution est maintenant devenue pérenne en Allemagne où un tarif d'achat de l'électricité photovoltaïque à 0,50 euro/kWh (0,99 DM/kWh) s'est ajouté au crédit gratuit sur 10 ans prévu dans le programme 100.000 toits photovoltaïques (300 MW en 6 ans). Ces deux mesures ainsi qu'une simplification extrême des procédures conduisent à un "temps de retour" inférieur à 10 ans.

L'Allemagne s'est fait notamment une spécialité des grandes réalisations type façades, bâtiments industriels et bâtiments officiels (voir fiche Karlsruhe et München), mais aujourd'hui, c'est le marché des maisons particulières existantes qui va probablement décoller.

En Suisse, c'est le plan "Energy 2000" qui a pris le relais en 1996, favorisant l'apparition des "bourses solaires". Ceci a permis le financement de projets de toutes tailles (voir fiche Zürich). Avec plus de 10 500 kW_c installés pour une population de 6 millions d'habitants, la Suisse est le pays le plus "photovoltaïque" du monde.

Les Néerlandais, ont quant à eux adopté une toute autre voie, fondée sur l'obligation pour chaque compagnie électrique d'avoir un pourcentage minimum de renouvelables dans leur production électrique et la mise en place corrélative d'un marché des "certificats verts" apportant la nécessaire flexibilité. Chaque compagnie a sa propre stratégie, de la location des toits pour poser des panneaux à la construction de quartiers entiers avec des photopiles intégrées à l'architecture (voir Amersfoort). C'est dans cette spécialité d'architecture urbaine intégrée que les Pays-Bas se sont taillés la meilleure réputation. Par ailleurs, les normes techniques et juridiques ont été adaptées, de sorte que jusqu'à 1,4 kW_c de puissance (10 à 12 m²), il n'y a absolument aucune démarche à faire pour connecter son toit solaire, même pas prévenir la compagnie électrique.



Graphique: Puissance PV installée et connectée au réseau dans différents pays européens fin 1999 (en MWc)

En Europe du Sud, l'Espagne dispose d'un tarif de 0,36 Euro (60 Pesetas) le kWh depuis le décret royal de 1998, mais les compagnies électriques tentent de bloquer des réalisations par des normes. En Italie, malgré un programme national de 10.000 toits solaires, le PV ne décolle pas.

5. La situation en France

Il faut constater qu'il n'existe encore nulle part en France de stratégie municipale pour le développement du solaire photovoltaïque, en dehors de zones situées à l'écart du réseau ou d'équipements de mobilier urbain (abribus, horodateurs, etc.). Un nombre limité d'installations raccordées au réseau ont été réalisées en milieu urbain, mais en général pas sous l'effet d'une politique municipale. Au niveau d'une collectivité locale une première installation d'un toit photovoltaïque a cependant été réalisée à Lutterbach, en Alsace, en 1997. La politique nationale a toujours été réservée sur ce sujet bien que l'on sente à présent, sous l'effet de la directive européenne "énergies renouvelables" qui devrait être adoptée définitivement en 2001, que la situation évolue quelque peu. C'est aussi la question de crédibilité de l'énergie solaire et de son industrie qui est à prendre en compte.

La plupart des problèmes concernant la connexion au réseau sont potentiellement résolus grâce notamment à l'action de l'association PHEBUS et – finalement – à l'acceptation par la DIGEC d'un tarif achat / vente identique.

De son côté, l'ADEME, s'est engagée dès la fin des années 80 – avec des régions – pour la production en sites isolés et plus timidement sur un nombre

limité d'installations raccordées au réseau en Rhône Alpes et en France Comté. Elle assume la conduite du consortium français dans le cadre du programme européen HIP-HIP, dont l'enjeu va bien au-delà de l'installation de 500 kW_c en France, à savoir la définition d'une politique de long terme de développement de la technologie photovoltaïque.

Au niveau d'une collectivité locale une première installation d'un toit photovoltaïque a été réalisée à Lutterbach en Alsace. L'installation a été connectée en 1997 lors d'une journée de formation organisée par Alter Alsace Energies et PHEBUS. Cette centrale PHEBUS est installée sur le toit du gymnase de l'école primaire de Lutterbach et connectée sur le compteur de la Mairie de Lutterbach. Cette installation sert d'outil pédagogique pour sensibiliser les scolaires et le grand public à l'utilisation de ces installations.

L'installation a été cofinancée par un particulier, les supports et la connexion au réseau restent à la charge de la commune pour un coût de 2.200 euros. Alter Alsace Energies, l'initiateur, a trouvé le financement privé et assuré la montage et la connexion des panneaux la commune.

L'installation comporte 27 panneaux de 50 W_c soit une puissance totale de 1.35 kW_c. Elle est couplée au réseau à l'aide de deux onduleurs (tous les détails techniques de l'installation sont disponibles à PHEBUS directement). La surveillance et le suivi sont réalisés par Alter Alsace Energies. L'installation a produit 900 kWh en 1997 (à partir de Mars), 1 310 kWh en 1998. Soit une production supérieure de 5% par rapport au prévisionnel.

Le coût de l'installation a été d'environ 18 300 euros (pour le matériel) dont 40% pris en charge par la Commission européenne, environ 20% par la Région Alsace, 20% par Phébus et 20% en financement privé.

Il reste encore à attendre qu'au niveau local la volonté politique passe à une vitesse supérieure et des installations d'une grande taille sur des bâtiments publics voient le jour.

6. Conclusion et recommandations

Les opportunités visant à planifier et à construire des installations photovoltaïques intégrées aux bâtiments ne manquent pas, c'est plutôt une volonté politique qui fait encore défaut au niveau local. Cependant les autorités locales sont l'un des acteurs les plus importants, si ce n'est le plus important, lors de la réalisation de projets photovoltaïques, et ce à travers deux de leurs fonctions :

- > leur fonction administrative : elles disposent de bâtiments et en construisent, elles accordent les permis de construire et sont responsables de l'urbanisation, par exemple la définition de nouvelles zones de construction ou le contrôle et la coordination de programmes de rénovation de quartiers.
- > leur fonction politique : elles sont souvent responsables de la mise en œuvre des programmes de protection du climat au niveau communal et disposent souvent de marge d'initiative pour mener des actions plus ambitieuses. Elles pensent en cela répondre aux exigences et aux attentes d'une partie croissante de la population et satisfaire les divers acteurs locaux.

A partir des expériences positives des villes décrites dans les études de cas, nous pouvons pour finir émettre quelques recommandations à l'attention des communes qui souhaiteraient renforcer l'utilisation de l'énergie solaire ou plus généralement des énergies renouvelables :

> **Développement d'un "plan d'action local énergies renouvelables"**

Les énergies renouvelables ne contribuent que de façon marginale au bilan énergétique de la plupart des villes européennes. Au-delà de la dimension énergétique, utiliser les énergies renouvelables, c'est protéger l'environnement, créer de nouveaux métiers, stimuler les emplois locaux, utiliser l'argent que les consommateurs dépensent pour l'énergie pour enrichir l'économie locale et développer les PME. Pour toutes ces raisons, et de façon complémentaire aux politiques d'efficacité énergétique qui demeurent des actions prioritaires, les énergies renouvelables sont un atout essentiel pour une politique énergétique locale durable. Le point de départ c'est de se fixer dès maintenant des objectifs ambitieux pour 2010 et de se doter d'un programme d'action pour y parvenir.

> **La municipalité comme inspireur des projets photovoltaïque que**

Initiation, promotion et management actif de projets photovoltaïque que correspondent bien aux fonctions publiques et aux tâches de la commune. Ceci est possible même avec de petits budgets, par exemple à travers la création de plaquettes, de mini-brochures ou d'événements d'information (voir infra). Le plus important est cependant d'intégrer des installations photovoltaïques aux bâtiments communaux, soit à titre de démonstration, soit également pour créer des installations auxquelles participeront les citoyens.

> **Promotion de la technologie photovoltaïque que**

La technologie photovoltaïque que est encore considérée comme innovante et éveille une grande curiosité auprès de nombreux acteurs tels que les architectes, les ingénieurs, les artisans, les PME, les universités ou les initiatives citoyennes. Ces personnes intéressées lancent des projets photovoltaïques en de nombreux endroits, elles ont alors besoin du soutien de la collectivité locale pour les mettre en œuvre. Les subventions communales doivent donc être disponibles pour tous les acteurs et les activités promotionnelles et, ne doivent pas se limiter à un seul groupe cible. Les campagnes doivent toujours mettre en avant les possibilités de réaliser des installations photovoltaïques et peuvent jouer sur le prestige attaché à cette technologie.

> **Campagnes de sensibilisation à l'attention du grand public**

D'un point de vue social, malgré son handicap de coût, le solaire photovoltaïque que a un pouvoir d'attraction auprès du grand public ; ceci tient au fait que l'électricité solaire est à la fois perçue comme la plus propre et la plus noble des énergies et sa simplicité la met à la portée de tout le monde. Dans un monde où s'accroît chaque année la sensibilité à l'environnement, tout citoyen peut apporter sa contribution personnelle en équipant sa maison d'un générateur intégré, propre, silencieux et durable. Il n'est donc pas surprenant que les programmes de PV connecté au réseau aient commencé dans les pays à forte sensibilité à l'environnement. Les campagnes d'information doivent tenir compte de ces aspects, il existe suffisamment d'exemples en Europe.

> **La municipalité comme partenaire coopératif dans les projets photovoltaïques**

Les problèmes techniques, administratifs et financiers ralentissent encore parfois la mise en œuvre de projets photovoltaïques. Les autorités locales peuvent apporter leur aide pour surmonter ces problèmes lors de la délivrance des permis de construire par exemple ceux-ci doivent être aussi simples que possible et traités rapidement. L'injection de l'électricité produite sur réseau public est plus complexe. Bien que cela soit techniquement défini par des obligations nationales, les fournisseurs d'électricité ont dans de nombreux endroits bloqué au raccord d'installations photovoltaïques privées, et c'est là que l'autorité politique de la commune est nécessaire. En demandant des subventions issues de programmes nationaux ou européens, la commune peut apporter son soutien, par exemple les PME ne disposent ni des connaissances, ni du personnel nécessaire pour s'orienter à travers la jungle des programmes de subvention.

> **La municipalité comme organisateur d'un réseau d'experts**

Bien que la technologie photovoltaïque soit en cours de standardisation, on rencontre encore au niveau local des déficits d'information en matière de planification et de réalisation des installations, alors que souvent les experts disposant des connaissances et expériences requises sont là. Les autorités locales ont à former un cercle d'experts, auquel devront participer des employés issus des différents services communaux. Ces employés communaux devront pouvoir bénéficier d'une formation complémentaire. Le cercle d'experts devra pouvoir être consulté pour les gros projets, et apportera ses propres propositions relatives au plan d'action communal.

> **Elaboration d'un programme de soutien financier**

Dans les communes où manquent encore les premiers exemples positifs, un programme local de soutien financier pour un nombre limité d'installations de démonstration peut jouer un rôle de signal et aider cette technologie à percer. Il peut être conduits avec des partenaires (agences, autres collectivités territoriales). Le programme doit être abordé de manière aussi peu bureaucratique que possible. L'encouragement doit être considéré plus comme une motivation que comme la garantie de la rentabilité du projet, son montant doit donc s'orienter selon ce principe.

Dans un contexte énergétique qui change et qui s'ouvre davantage aux innovations, il est probable que la France adopte elle aussi une tarification incitatrice pour le photovoltaïque. Avec un tel cadre, L'ADEME aurait plus de facilité pour convaincre les communes de jouer un rôle plus actif et à les assister en cela.

7. Tableau comparatif : des actions PV décrites

Acteurs			Actions PV décrites dans les fiches
CH	Lausanne	Ville : Service de l'énergie	⇒ installation sur le stade olympique, ⇒ promotion et ventes de kits photovoltaïques
	Zürich	Compagnie municipale (EWZ)	⇒ bourse d'électricité solaire
DE	Karlsruhe	Stadtwerke	⇒ installation photovoltaïque de 100 kW _c directement reliée au réseau électrique du tram ⇒ toits solaires dans les écoles ⇒ installation PV avec participation des citoyens ⇒ promotion de "courant vert"
	München	Ville, Stadtwerke Agence locale	⇒ programme des subventions et d'incitation ⇒ service solaire ⇒ installation PV au nouveau parc d'exposition ⇒ installations PV sous la forme d'actionnariat ⇒ journées solaires
DK	Brædstrup	Compagnie d'électricité	⇒ installation PV R&D ⇒ Projet "Sun City" – 30 toits solaires PV ⇒ Projet "Sol 300" – 300 toits solaires PV
ES	Barcelona	Ville	⇒ plusieurs installations PV sur différents bâtiments publics
	Mataró	Ville	⇒ installation PV sur le toit de la bibliothèque municipale
IT	Palermo	Ville	⇒ installation PV sur un parking pour recharger les batteries des voitures électriques
NL	Amersfoort	Ville Compagnie d'électricité	⇒ intégration du photovoltaïque dans la planification urbaine ⇒ installation PV de plus d'1 MW sur le toit du nouveau quartier résidentiel d'Amersfoort-Nieuwland ⇒ toits solaires dans les écoles

8. Orientations bibliographiques

ADEME : L'électricité solaire : la solution photovoltaïque - Paris, octobre 1995

CADDET : *PV Systems Encourage Reduced Energy Use* - Caddet technical brochure n°94, Paris

CLER : *Dossier Photovoltaïque que, le décollage* - dans CLER Infos, Bulletin de 04-06/2000

Energie-Cités : *CityRES Network, 50 fiches de cas des bonnes pratiques européennes en ENR au milieu urbain* - <http://www.energie-cites.org/fr/pratiques.htm>, juillet 2000

European Commission : *Refuelling Infrastructure* - (summary report of the ZEUS project), Bruxelles 2000

Hirschmann, W.P. : *Something sunny in the state of Danmark* - Photon international, 02/2000

IEA : *Trends in Photovoltaic Application in Selected IEA Countries between 1992 and 1999* - Swindon (report IEA-PVPS 1-08.2000), 2000

NET Ltd, Institut Cerda et.al. : *PV City Guide* - (Projet du Cinquième Programme cadre Contract N°: NNE5/1999/667) publication prévu pour fin 2001

Oldach, R., J. Bates : *"Photovoltaics in social housing in the UK"* - In the Proceedings of 16th European PV Solar Energy Conference, Glasgow, 05/ 2000)

Renewable Energy Journal N°9 : *"A housing estate of 500 photovoltaic home"* - (sur le quartier de Amersfoort (NL)), nov 99

Stadt Freiburg, Dezernat für Umwelt, Bildung und Sport : *"Solar Region Freiburg"* - (en FR, DE et en UK), Freiburg, mai 2000

Systèmes Solaires N°130 : dossier *"L'irrésistible ascension de l'électricité solaire"* dont "EurObserv'ER : le baromètre photovoltaïque", "Toits photovoltaïques : bouquet de programmes" et "Les Watts de Phébus",

Systèmes Solaires N°136 : *Dossier photovoltaïque que* - mars 2000

Systèmes Solaires N°139 : *Allemagne : des mesures sans précédent* - sept 2000



FICHES DE CAS

Amersfoort (NL)	16
Barcelona (ES)	20
Bræslstrup (DK)	24
Karlsruhe (DE)	29
Lausanne (CH)	34
Mataró (ES)	39
München (ES)	43
Palermo (IT)	47
Zürich (CH)	51

Photovoltaïque que | **AMERSFOORT** (Pays Bas)

La pénétration de l'énergie photovoltaïque sur le marché reste encore faible. Afin de remédier à cette situation une mise en place de politiques urbaines innovantes est attendue. La Ville d'Amersfoort et le distributeur régional d'électricité hollandais REMU ont profité de la construction d'un tout nouveau quartier pour s'essayer à l'énergie photovoltaïque. Ils se sont ainsi intéressés non seulement aux aspects techniques mais également aux conditions d'exploitabilité de cette technologie.

ASPECTS GENERAUX

La Ville d'Amersfoort est située au centre des Pays-Bas, à environ 50 km d'Amsterdam et à 20 km d'Utrecht, et bénéficie d'une excellente desserte ferroviaire. Amersfoort compte environ 122.000 habitants, mais sa population est en pleine expansion. C'est ce qui a amené la municipalité à modifier sa politique énergétique afin de respecter l'engagement pris de réduire les émissions de CO₂.

Données climatiques :

Durée d'ensoleillement : 1.477 h/a

Température annuelle moyenne : 10 °C



CONTEXTE

La Ville d'Amersfoort a pris la décision de faire du quartier de Nieuwland un terrain d'expérimentation. Dans ce quartier en cours de construction et qui compte environ 5.000 logements et 70 ha de zone d'activités, les bâtiments seront utilisés pour tester de nouvelles techniques environnementales ainsi que de nouveaux régimes de propriété des installations PV afin d'en améliorer la durabilité. Pour ce faire, la municipalité a nommé un contrôleur environnement chargé d'évaluer tous les plans auxiliaires au regard de critères environnementaux, d'informer et d'encourager les parties concernées.

La méthode "DCBA" a été appliquée. Cette méthode consiste à définir pour chaque aspect environnemental un niveau de base "D" et un niveau optimum "A". Ceci permet d'obtenir une grille d'évaluation des projets. Il a été ainsi établi d'un commun accord entre urbanistes et constructeurs que l'objectif était d'atteindre au moins un niveau "C", c'est-à-dire répondre en tous points à des normes d'un niveau supérieur par rapport à ce qui est normalement exigé. Pour ce qui est des projets solaires, la barre a été placée encore plus haute, puisque les installations doivent répondre à des exigences de niveau "B" voire "A". L'aménagement de ce nouveau quartier a commencé en 1995 et s'est terminé fin 1999.

EXPERIENCE D'AMERSFOORT

La Ville d'Amersfoort, REMU (Compagnie régionale d'électricité ayant son siège à Utrecht), les constructeurs et promoteurs participant au projet ont voulu démontrer que le recours à l'énergie solaire pouvait se faire sans porter atteinte à la qualité architecturale des bâtiments. Leur but était également d'acquérir une expérience de l'utilisation de l'énergie solaire dans des contextes différents : logements locatifs, logements occupés par leurs propriétaires et bâtiments non résidentiels. C'est pourquoi les structures de financement et les régimes de propriété occupent une place prépondérante dans la présente étude de cas. REMU a participé à cinq projets solaires distincts :

1. Trois écoles primaires à faible consommation d'énergie

Consciente que les écoles forment les nouvelles générations et qu'elles constituent un point de rencontre important pour les habitants du quartier, la société REMU s'est particulièrement intéressée aux trois écoles primaires que doit compter à terme le quartier de Nieuwland. L'intégration de panneaux solaires sur le toit des écoles a été ainsi prévue dès la phase de construction pour deux des trois bâtiments scolaires. Cette décision venait trop tard pour le troisième, déjà construit en 1995.

En 1995, un contrat fut signé entre SRO, une entreprise locale du bâtiment, et REMU par lequel SRO s'engage envers REMU à réserver une partie de la superficie du toit afin que cette dernière y installe des panneaux solaires et puisse ensuite injecter l'électricité ainsi produite. REMU devait en contrepartie financer une partie des coûts engendrés par l'application d'autres mesures d'économies d'énergie imposées dans les écoles. Le projet reçut des subventions européennes ainsi que des aides de l'Agence néerlandaise pour l'Energie et l'Environnement (NOVEM).

L'une des écoles, achevée en 1996, fut ainsi équipée de 192 panneaux solaires. Le toit de la deuxième comprenait en 1997, année de son achèvement, 124 modules. Ces modules sont équipés d'un petit convertisseur situé sur l'arrière qui leur permet de produire du courant alternatif directement utilisable sur le réseau. La puissance combinée des deux installations est d'environ 8.000 kWh par an. Les données, pour la période concernée et en données cumulées, ainsi qu'une comparaison avec les objectifs préétablis sont communiquées par panneaux d'affichage suspendus en des points clefs des écoles. Tout le monde peut ainsi s'informer sur les performances des installations.

2. Projet photovoltaïque de 1 MW

A l'issue d'une première estimation des possibilités, il fut décidé d'opter pour une capacité installée de 1 MW_c. Considérant que chaque habitation pouvait accueillir en moyenne 20 m² de panneaux solaires pour une puissance maximale de 100 W par m², un cahier des charges fut établi pour la construction d'environ 500 logements. Le plan d'urbanisme fut conçu afin de garantir une installation (optimale) du maximum de panneaux solaires sur le plus grand nombre d'habitations. Il fut également demandé que tous les promoteurs et concepteurs coopèrent à la mise en œuvre de ce projet solaire. Le cahier des charges concerne en tout huit lots sur lesquels travaillèrent neuf promoteurs. La construction du premier lot, commencée en 1997, devrait être achevée pour la fin de l'an 2000. Deux régimes de propriété sont appliqués lors de la vente des logements. Ce double régime fait que REMU restera propriétaire de la moitié des panneaux solaires et bénéficiera d'un droit d'utilisation des toitures moyennant le paiement d'indemnités aux propriétaires ; ceux-ci percevront en effet une somme égale au prix de vente au tarif normal client domestique de 20% de l'électricité produite sur leur toit. La seconde moitié des installations sera vendue aux résidents. Toute l'électricité produite sera alors injectée dans le réseau REMU et payée aux résidents au tarif normal client domestique.

3. Des installations solaires sur cinquante logements locatifs

Dans le cadre d'un projet de la "Woningcorporatie N.V. SCW", l'organisme de logement social d'Amersfoort, 114 habitations en régime locatif ont été construites entre 1994 et juin 1996, dont 50 utilisent l'énergie solaire pour couvrir partiellement leurs besoins en chaleur et en électricité. Ce projet a été l'occasion pour REMU d'acquérir une certaine expérience dans la mise en œuvre et la gestion de l'énergie solaire dans des logements sociaux.

5,6 m² de capteurs solaires thermiques furent ainsi installés sur le toit de chaque habitation, à proximité du faîte. Juste en-dessous furent installés des panneaux photovoltaïques – 22,5 m² par habitation. Une rangée de fenêtres localisée sous les panneaux photovoltaïques permet de bénéficier d'un apport solaire direct dans la maison et marque la séparation entre la partie supérieure de la toiture, réservée à la production d'énergie, et la partie inférieure couverte de tuiles. De nombreux tests d'étanchéité, de résistance au vent, aux chocs thermiques et de fiabilité furent effectués. L'électricité produite par les panneaux solaires, soit au total environ 82.500 kWh par an, est injectée sur le réseau.



Le chaleur gagné par les capteurs est utilisée sur place pour l'eau chaude sanitaire. Une chaudière à condensation d'une capacité de 15 kW a également été installée sur chaque habitation.

L'organisme de logement social a fourni les toits sur lesquels sont installés les systèmes solaires. Un accord conclu entre REMU et SCW prévoit des clauses de propriété et de gestion des installations. Les toits solaires sont la propriété de REMU, qui bénéficie d'un droit d'accès aux toits et aux installations. Les capteurs solaires thermiques et les chaudières à gaz sont la propriété de Gasrent Stegas B.V. et sont loués par SCW.

4. Dix-neuf habitations du secteur non locatif équipées d'installations solaires

L'un des quartiers de Nieuwland comprend 19 habitations haut de gamme occupées par leurs propriétaires et sur lesquelles REMU a installé des toits solaires. Les préparatifs commencèrent en 1995 et les dernières habitations furent achevées en 1998. REMU souhaitait ainsi étudier les possibilités d'une plus grande utilisation de l'énergie solaire dans le secteur immobilier privé. Les maisons sont des propriétés privées mais les panneaux solaires appartiennent à REMU. La relation entre les deux parties a fait l'objet d'un accord passé avec la société de construction et les occupants. Pour ces derniers, les panneaux solaires constituent un revêtement de toiture étanche et les frais de construction et d'entretien de la structure ne sont pas à leur charge. Par contre, le propriétaire doit s'assurer que les panneaux reçoivent le maximum d'ensoleillement et il ne peut faire modifier le toit. Des clauses spécifiques prévoient le cas où le propriétaire souhaiterait faire changer des panneaux solaires. REMU a un droit d'accès au toit en cas de défaillance et est responsable en cas de fuite.

Les partenaires ont également cherché à savoir s'il était possible de pré-fabriquer toute la structure du toit en atelier, après l'avoir testée sur une seule habitation. Mais cette idée fut abandonnée pour deux raisons : tout d'abord la fragilité des différents éléments pendant le transport et deuxièmement la difficulté de produire les éléments en aluminium à des dimensions suffisamment exactes pour en permettre un montage parfait sur site. L'assemblage du toit nécessitait en effet des travaux d'ajustement qui venaient anéantir l'avantage logistique de la préfabrication. En fait seule la charpente en bois des dix-huit habitations put être préfabriquée, les éléments profilés et les panneaux solaires furent, eux, montés sur site.

5. Deux maisons mitoyennes de type "balanced energy houses"

Un ensemble de deux maisons mitoyennes fut construit en 1997/98 à Amersfoort. La caractéristique de cet ensemble, dont la moitié est à usage d'habitation et l'autre moitié abrite un Centre d'Information sur l'Energie Durable ouvert au public, réside dans le fait que les besoins énergétiques sont entièrement couverts par l'énergie solaire. Outre de nombreux dispositifs destinés à réduire la consommation d'énergie, le toit solaire joue un rôle important d'un point de vue architectural. Différents éléments sont intégrés : capteurs solaires, panneaux photovoltaïques "normaux", panneaux photovoltaïques transparents en double vitrage, panneaux photovoltaïques transparents en simple vitrage, fenêtres double vitrage ordinaire et stores. Le toit présente une surface uniforme malgré l'utilisation d'éléments de différentes épaisseurs.



Les panneaux photovoltaïques occupent une superficie d'environ 90 m² et produisent environ 7.500 kWh d'électricité par an pour chaque maison. Les 14 m² de capteurs solaires alimentent trois réservoirs d'eau répondant à trois besoins (de stockage) différents : eau chaude sanitaire, chauffage et réserve d'eau souterraine stockée à une profondeur de 12 m. Une pompe à chaleur électrique permet d'assurer le reste des besoins en chauffage.

EVALUATION ET PERSPECTIVES

Ce projet est le résultat d'un effort conjoint de REMU, Ecofys et ENEL dans le cadre d'un projet européen (DG TREN-Programme Thermie/Energie) et soutenu par l'Agence néerlandaise pour l'Energie et l'Environnement (NOVEM). Démarré en 1994, il avait été conçu pour fournir de l'électricité à "plusieurs centaines" de logements à partir du photovoltaïque. Plus tard, cette ambition s'est transformée en l'objectif de 1 MW_c. Du fait de l'enthousiasme des partenaires impliqués, REMU a même pu fixer des objectifs encore plus haut. A présent, toutes les constructions sont reliées au réseau, le montant total installé étant de 1,3 MW_c. Cela correspond à 1.150 habitations dont 570 comptent 20 m² ou plus de panneaux solaires et presque 400 disposent de 1 à 5 panneaux solaires.

La réalisation d'une telle installation à grande échelle a permis :

- > Une réduction des coûts (moyenne 7000 euros/ kW_c tout compris),
- > Une acceptation par les différents partenaires,
- > La mise en place de procédures de contrôle-qualité performantes,
- > Un bon aperçu de la réponse de l'infrastructure de distribution électrique à une série de générateurs d'électricité dispersés.

POUR ALLER PLUS LOIN

REMU

Electricity Supply Company
Mr. Pasma
PO BOX 3053
3760 DB Soest
Phone +31 35 60 944 11
Fax +31 35 60 944 22
Email: *@Remu.nl
Http://www.Remu.nl

Informatiecentrum voor Duursame Energie

Ms. Wieta Schäfer
Nieuwlandseweg 42
NL – 3824 Amersfoort
Phone : +31 33 46 25 843

Photovoltaïque que

BARCELONA (Espagne)

La pénétration de l'énergie photovoltaïque sur le marché reste encore faible. Afin de remédier à cette situation une mise en place de politiques urbaines innovantes est attendue. La ville de Barcelona - membre d'Energie-Cités - s'est engagée dans une série d'interventions d'adaptation et d'amélioration énergétique sur de nombreux bâtiments administratifs et d'équipement public.

ASPECTS GENERAUX

Barcelona, capitale de la région catalane, a réussi dans ces dernières années à se dynamiser grâce à de grandes initiatives comme les jeux olympiques ou le prochain Forum 2004 des Cultures. La ville s'améliore jour après jour pour sa population de 1.500.000 habitants.

Données climatiques :

Ensoleillement : 2.351 h/a
Température moyenne annuelle : 15,9 °C



CONTEXTE

Barcelona, située sur la côte méditerranéenne bénéficie, grâce à un ensoleillement intense, de conditions favorables pour l'utilisation de l'énergie solaire. Signataire de la Déclaration d'Amsterdam en 1993 et de l'Accord d'Heidelberg en 1994, Présidence de l'Association Energie-Cités entre 1998 et 2000, Barcelona s'est engagée à réduire de 20% ses émissions de CO₂ en 2005 par rapport à 1987.

De nombreuses initiatives pour le développement durable de la ville ont été lancées et de nombreux organismes travaillent dans la même direction, dans un effort commun. La création de BARNAGEL, l'agence locale de l'énergie de Barcelona, a servi d'instrument d'information aux différentes municipalités qui ont commencé à imiter les actions de cette grande ville engagée dans la promotion et la mise en pratique d'une politique environnementale de pointe visant à exemplifier et stimuler l'utilisation des énergies renouvelables pour humaniser la ville et la rendre durablement viable. Concrètement par la rédaction de l'Ordonnance municipale solaire thermique sur l'incorporation de systèmes de captation d'énergie solaire thermique aux bâtiments et le projet PAM (Plan d'Action municipale), appliquant toute une série de mesures destinées à économiser l'énergie et les ressources en général sur des bâtiments municipaux.

EXPERIENCE DE BARCELONA

La très ferme décision de cette ville de prendre des initiatives en vue de l'amélioration de la qualité de la vie lui permet d'aborder le futur avec les meilleures perspectives. Dans ce sens, diverses améliorations ont été réalisées dans les bâtiments municipaux en matière d'économie d'énergie. Ces interventions représentent une économie de 1.700.000 kWh/an qui se traduit par une économie de 243.500 euros/an. Mentionnons ci-dessous certaines des initiatives incluses dans le projet PAM (Plan d'Action Municipale) :

- > Remplacement de l'éclairage incandescent par un éclairage de faible consommation,
- > Remplacement d'appareils de climatisation par des machines plus efficaces,
- > Implantation de panneaux solaires thermiques sur des bâtiments éducatifs et multi-sports,
- > Implantation de panneaux photovoltaïques sur des bâtiments universitaires et des édifices administratifs,
- > Améliorations destinées à économiser l'eau, le gaz et l'électricité appliquées à de nombreux bâtiments municipaux.

Implantation de panneaux photovoltaïques sur la toiture de la mairie

Cette installation s'inscrit dans le cadre du même projet d'interventions du PAM. La Mairie de Barcelona s'est fixée pour objectif d'implanter un système photovoltaïque de 100 kW_c réparti sur deux bâtiments administratifs et destiné à économiser l'énergie. C'est un projet européen dans le cadre du programme ENERGY / THERMIE signé en 1997.

Les principaux départements de la Mairie de Barcelona se trouvent pour la plupart distribués dans trois



bâtiments situés sur la *Plaça de Sant Jaume* et sur la *Plaça de Sant Miquel*, en plein cœur de la ville. Le premier est l'édifice historique construit en 1873. Le second, dénommé *Nou* (nouveau), a été construit en 1929 et le dernier appelé *Novissim* (très nouveau) a été terminé en 1958. Tous trois sont reliés entre eux par des couloirs et des ponts. Le champ photovoltaïque de 1.000 m² a été projeté pour occuper les toitures des bâtiments *Nou* et *Novissim*, avec une puissance totale de 100 kW_c et une production estimée à 122 MWh/an. Fin 2000, l'installation était déjà en fonctionnement sur le bâtiment *Nou* et se trouve en phase d'installation sur l'édifice *Novissim*.

Édifice *Novissim*

L'édifice *Novissim* s'élève sur 13 étages (voir photographie) et projette une ombre imposante sur l'édifice *Nou*. Il a été construit durant la période dictatoriale et n'est pas conforme aux normes stipulant les hauteurs maximales du quartier de *Ciutat Vella* (vieille ville). La municipalité a décidé de réduire la hauteur de ce bâtiment de 4 étages (partie sombre de la photographie), avec la perte de patrimoine que cela entraîne. Ces travaux étaient en cours en 2000. Sa toiture sera occupée dans un proche avenir par près de 408 m² de modules opaques standard d'une puissance totale de 55.080 kW_c et par 34 m² de modules semi-transparents d'une puissance totale de 4.590 kW_c. Il est prévu que ce champ photovoltaïque produise 81 MWh/an.

Edifice Nou

Les travaux pour installer ces modules photovoltaïques ont débuté en mai 1999. L'installation est en fonctionnement. Elle comprend les éléments suivants :

- > Ensemble de modules opaques standard 81 m², 11.475 kW_c
- > Ensemble de modules multifonctionnels opaques 95 m², 12.750 kW_c
- > Ensemble de modules semi-transparents 38,4 m², 5.100 kW_c
- > Ensemble de modules multifonctionnels opaques 2 x 38,4 m², 2 x 5.100 kW_c



Ensembles photovoltaïques

Pour des raisons architecturales, l'ensemble installé sur la toiture de chaque bâtiment doit être adapté à l'orientation des édifices en conditionnant l'azimut des panneaux photovoltaïques à 47° E. La

radiation reçue est de 1.550 kWh/m² et la mesure des modules est de 1.188 x 530 mm, 1.157 sont installés sur l'édifice *Nou* et 1.157 seront installés dans le bâtiment *Novissim*. Deux méthodes seront utilisées pour ventiler les cellules photovoltaïques : l'une utilisant des effets sustentatrices et la seconde appliquant l'effet Venturi. Les panneaux sont séparés de 15 cm pour faciliter leur ventilation. Cette méthode permet de profiter de la forte brise marine soufflant sur la toiture des bâtiments (7 m/s de moyenne entre 10 h et 23 h) pour maintenir une température des modules inférieure à 50°C.



Connexion au réseau

Pour optimiser la production électrique et la fiabilité, l'organisation modulaire a été complétée par des sous-ensembles d'une puissance limitée. Le voltage devait être inférieur à 300 V pour des raisons de sécurité, en considérant que l'usage d'inverseurs (de 1 kW_c, 150 V, 7 A) était l'une des meilleures solutions. Chaque sous-ensemble possède deux lignes de neuf modules connectés en parallèle et d'une puissance nominale de 1,5 kW_c.

EVALUATION ET PERSPECTIVES

L'installation sur l'édifice *Nou* de la mairie de Barcelona est très récente et l'on ne dispose pas encore de résultats fiables en ce qui concerne son rendement. Il faudra également attendre l'achèvement de la seconde partie du projet pour compléter l'installation et pour que l'édifice *Novissim* cesse de projeter son ombre sur le champ déjà terminé. Son emplacement et la ferme décision d'abaisser le bâtiment de 4 étages fera de cette installation un point de référence.

À court terme, d'autres mesures sont prévues : l'installation d'un ensemble photovoltaïque que à l'entrée du tunnel de La Rovira pour éclairer le propre tunnel mais également connecté au réseau pour vendre les excédents ; une centrale photovoltaïque urbaine de 3,5 MW_c, sur l'esplanade qui sera ouverte à la fin de la *Diagonal* à l'occasion du Forum des Cultures 2004, constitue le projet le plus ambitieux de la municipalité au niveau de l'utilisation de l'énergie photovoltaïque et se trouve en phase de planification ; les bâtiments non résidentiels de ce grand projet bordant le littoral catalan seront dotés de systèmes photovoltaïques.



Barcelona participe au "Partnership Energies Renouvelables" proposé par la Commission européenne à l'UE avec d'autres organismes locaux, supra-municipaux, régionaux et privés pour la promotion de l'installation de 50.000 m² de panneaux photovoltaïques et thermiques. Cette initiative s'inscrit dans la campagne visant à identifier 100 communautés qui aspirent à fournir 100% de l'approvisionnement en énergie par le biais de sources renouvelables, de préférence par l'utilisation d'une combinaison de différentes technologies (bois, solaire, éolique...). Une communauté en milieu urbain pourra être un groupe de bâtiments ou un quartier de la ville. Les projets réunissant ces caractéristiques pourront être proposés au co-financement du programme ALTENER (DG TREN).

POUR ALLER PLUS LOIN

Juan Carlos López
Ajuntament de Barcelona
Torre de OLLA 218-220 pl. 5a
ES- 08012 BARCELONA
Tel.: +34 93.291.43.89
Fax: +34 93 291 40 25
E-mail : jlopezl@mail.bcn.es

Photovoltaïque que

BRÆDSTRUP (Danemark)

La pénétration de l'énergie photovoltaïque sur le marché reste encore faible. Afin de remédier à cette situation une mise en place de politiques urbaines innovantes est attendue. Le Danemark est certainement plus connu pour ses vents forts que pour son ciel bleu. Pourtant, ces conditions climatiques peu propices n'ont pas empêché la population de Brædstrup de s'attaquer à un projet que beaucoup auraient tendance à considérer comme un véritable coup d'audace : "A Brædstrup, l'énergie solaire est même plus populaire que l'énergie éolienne". C'est en 1993 que la première installation photovoltaïque a été mise en place sur le toit d'un bâtiment public. Depuis lors, l'énergie photovoltaïque connaît une progression pratiquement exponentielle.

ASPECTS GENERAUX

Brædstrup est une petite ville d'environ 8.400 habitants située au cœur du Jutland. En 1998, Brædstrup a été élue première "Ville Solaire de l'année" au Danemark. La position géographique de Brædstrup est indiquée sur la carte ci-contre.

Données climatiques :

Température annuelle moyenne : 7,8 °C
 Heures d'ensoleillement par an : 1.750 h/a
 Radiation solaire annuelle : 1.020 kWh/m²



CONTEXTE

La municipalité de Brædstrup, très sensible depuis plusieurs années aux problèmes liés au changement climatique, a élaboré un programme de réduction des émissions de CO₂. Dans le cadre de ce programme, la promotion de l'énergie solaire joue un rôle de tout premier plan. Grâce à la collaboration étroite et efficace avec la compagnie énergétique locale (EnCon) et à la grande motivation de cette dernière, Brædstrup est aujourd'hui la "première collectivité photovoltaïque" au Danemark. EnCon a.m.b.a. est la propriété de ses clients, c'est-à-dire des 25.000 foyers, commerces et entreprises qu'elle approvisionne quotidiennement en énergie. Créée le 1^{er} janvier 1999 suite à la fusion des compagnies d'électricité HOH et VOH, l'entreprise EnCon agit en tant que société-mère de ces trois entités indépendantes.

S'adressant aussi bien à l'industrie et au commerce qu'aux personnes privées, EnCon offre un service de consultation en matière énergétique et propose ses compétences professionnelles dans de nombreux domaines touchant aux secteurs de l'énergie et de l'environnement :

- > "comptes verts" pour les compagnies désirant réduire leur niveau de consommation et soucieuses de s'illustrer en accentuant leur "profil vert",
- > gestion de l'énergie dans les entreprises et les institutions publiques,
- > classification énergétique des biens immobiliers de plus de 1 500 m²,
- > gestion de l'environnement et suivi environnemental dans les entreprises privées et publiques,
- > demandes de subventions,
- > services de conseil concernant l'acquisition de nouvelles technologies.

EnCon offre son conseil gratuitement en matière d'économies d'énergie aux secteurs industriels, agricoles, commerciaux et autres. Ces activités de conseil sont toujours soigneusement adaptées aux besoins individuels, aux aspirations et à la situation économique de chacun. EnCon est le leader au Danemark pour ce qui est de la technologie solaire. Cette compagnie (anciennement Elselskabet VOH) a acquis ses premières expériences en 1993. Aujourd'hui, EnCon s'investit dans le programme "SOL-300", le projet danois le plus ambitieux dans le domaine des cellules photovoltaïques et dont l'objectif consiste à installer 300 systèmes de cellules photovoltaïques au Jutland et en Fionie.

EXPERIENCE DE BRÆDSTRUP

L'installation R&D

C'est en août 1993 qu'une première commande a été passée à Brædstrup pour l'installation d'un module photovoltaïque sur le toit d'un bâtiment. Cette installation de R&D avait une surface de 44 m² et une puissance de 5,2 kW_c. La compagnie publique chargée de la distribution d'électricité au Danemark désirant participer au développement technique des cellules photovoltaïques, c'est dans ce contexte que s'est déroulé ce projet de R&D soutenu par l'Agence de l'Energie danoise et la compagnie électrique ELSAM et réalisé par EnCon.

Le principal objectif de cette installation photovoltaïque de R&D consistait à réaliser les expériences nécessaires et à collecter un certain nombre de données sur les systèmes photovoltaïques reliés au réseau dans les conditions climatiques danoises. Pour ce faire, l'installation photovoltaïque a été équipée d'un système complexe d'enregistrement et d'affichage des données parfaitement compatible avec les standards existants, qui a permis d'enregistrer en permanence les données désirées et de calculer les paramètres-clés de l'installation.



Ce projet a en outre été réalisé afin d'étudier l'impact des systèmes photovoltaïques raccordés au réseau sur la qualité de l'électricité. Un système spécial de contrôle informatisé a été mis au point dans le cadre du projet afin d'enregistrer les harmoniques injectées dans le réseau par l'onduleur. Les mesures effectuées ont permis de démontrer que les systèmes photovoltaïques n'ont aucun effet mesurable de distorsion de la tension.

Pendant la première année qui a suivi la commande, ce module photovoltaïque a été soumis à une série d'essais et de contrôles qui ont conduit au remplacement de plusieurs composants dont les performances ne correspondaient pas aux résultats escomptés. Le système d'enregistrement des données a été contrôlé manuellement à plusieurs reprises et plusieurs séries spécifiques de mesures et d'investigations ont été réalisées. Depuis juin 1994, l'ensemble du système photovoltaïque fonctionne en régime permanent et son rendement annuel s'élève à environ 5.000 kWh.

Le projet "Sun City"

Encouragée par les résultats positifs de la première installation, la compagnie EnCon a décidé de lancer un projet plus important baptisé "Sun City", consistant à installer des modules photovoltaïques sur 29 maisons individuelles situées à proximité les unes des autres. C'est en juin 1997 que ce projet a été inauguré officiellement, à l'époque le plus important jamais réalisé au Danemark dans le domaine de l'énergie photovoltaïque.

Toutes les habitations situées dans la zone sélectionnée ont été équipées de systèmes photovoltaïques avec une puissance totale de 60 kW_c – ce qui équivaut à une surface de 600 m² de

panneaux solaires. L'électricité ainsi produite est soit utilisée directement au sein des habitations, soit revendue au réseau local. Pour sélectionner cette zone pilote, il a fallu organiser un tirage au sort parmi les huit quartiers de la ville qui souhaitaient tous participer au projet.

L'un des principaux objectifs du projet consistait à adapter chaque système photovoltaïque aux besoins de chaque famille et à l'architecture de chaque habitation. Pour cette raison, les panneaux photovoltaïques ont été soigneusement intégrés dans l'architecture actuelle des habitations afin de garantir l'efficacité de la production d'électricité et de parvenir à une solution satisfaisante du point de vue esthétique. Les habitations sont situées sur une pente orientée en direction du sud-ouest et, par rapport au sud, accusent un décalage allant jusqu'à 60° vers l'est ou vers l'ouest. L'inclinaison varie entre 15° et 45°. Un système convient à l'installation d'un mur vertical, un deuxième à un toit plat et deux autres systèmes sont intégrés à même le toit. Trois différentes tailles ont été installées et correspondent à des puissances de 1 kW_c, 2 kW_c et 3 kW_c.

Pour que les consommateurs puissent savoir à tout moment s'ils achètent ou vendent de l'électricité, un compteur "photovoltaïque" a été installé et indique le montant exact d'électricité vendue ou achetée. Ce compteur est placé de manière centrale et visible au sein de l'habitation afin de permettre aux habitants de consulter aisément les données relatives à leur consommation et, s'ils le désirent, de l'adapter à la production d'électricité photovoltaïque. La consommation électrique de chaque famille a été mesurée avant et après l'installation des panneaux.



Pendant certaines phases, les familles sont à même de générer suffisamment d'électricité pour satisfaire leurs besoins mais les périodes de pointe pour la production et la consommation ne coïncident pas toujours. Lorsqu'elle n'est pas utilisée au sein du foyer, l'électricité est vendue au réseau. Au cours des deux premières années, le tarif de vente de l'électricité au réseau était égal à la moitié de son tarif d'achat. Cette différence de prix a permis de créer une motivation financière encourageant les ménages à adapter leur consommation à l'électricité réellement fournie par le système photovoltaïque.

Depuis 1999 et pour toute la durée d'une période de test s'étalant sur deux ans, les tarifs sont les mêmes pour les petites installations photovoltaïques reliées au réseau. Néanmoins, cela ne vaut que lorsque le propriétaire produit de l'électricité destinée à couvrir ses propres besoins. En conséquence, les habitants de la "Sun City" achètent et vendent leur électricité au même prix.

Aspects économiques

Les investissements ont totalisé 737.000 euros. Le projet a été financé par l'Agence de l'Energie danoise, les compagnies de distribution d'électricité Elsam, Elfor et EnCon et, dans une moindre mesure (60.000 euros), par les consommateurs. L'accord conclu prévoit que les propriétaires d'habitations payent les modules de façon à ce que les frais d'installation soient amortis au bout de 10 ans. Le tarif au kW_c a donc été calculé sur la base d'une période d'amortissement de 10 ans.

Après la phase pilote qui s'est étalée sur 2 ans, les propriétaires d'habitations avaient la possibilité d'acquérir les installations. Le prix d'un module de 2 kW_c était d'environ 2.000 euros, moins la valeur de l'électricité produite pendant la phase pilote.

Le projet "SOL 300"

Le projet "SOL 300" a été réalisé afin de démontrer que le photovoltaïque pouvait apporter sa contribution aux efforts déployés par le gouvernement danois pour produire de l'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable. En coopération avec six architectes, EnCon a sélectionné huit zones au Jutland ainsi que sur l'île de Fionie (Brædstrup, Toflund, Knudby-Borup, Norup, Vestbjerg, Korup, Fanø Gudme) pour y installer 300 modules sur toits. Les modules ont une puissance de 1 à 4 kW_c et une capacité moyenne de 2,5 kW_c, leur puissance totale s'élevant ainsi à 750 kW_c. C'est vers la fin du

printemps 2000 que l'installation de tous les modules a été achevée. La production escomptée est d'environ 850 kWh par kW_c installé.

La compagnie énergétique a écrit aux propriétaires pour leur proposer des appuis financiers leur permettant de ne payer que 25% des frais globaux. Les coûts du projet s'élèvent à 6,5 millions euros dont 10% sont pris en charge par l'Agence de l'Energie danoise, 25 % par les propriétaires des habitations et le reste par Eltra, le gestionnaire de réseau de transport des services publics de l'ouest du Danemark.



Les propriétaires des habitations bénéficient d'une garantie de 10 ans pour les systèmes. Pendant cette période, les fournisseurs du système sont tenus responsables pour les 5 premières années et EnCon pour les 5 années suivantes. Tout comme pour le projet "Sun City", les propriétaires ont la possibilité d'échanger leur surplus d'électricité injecté sur le réseau public à un taux de 1 pour 1 pendant quatre ans, avec l'espoir que cet accord puisse devenir définitif.

Les systèmes installés dans le cadre du projet "SOL 300" sont intégrés sur différents types d'habitations construites à différentes périodes du XX^e siècle, ceci afin de prouver leur efficacité dans les conditions climatiques danoises. Le projet "SOL 300" bénéficiera d'un suivi continu au moins jusqu'en 2001. Chaque habitation sera équipée d'un compteur photovoltaïque mis au point par EnCon dans le cadre du projet "Sun City" et permettant de contrôler les installations, de visualiser la production actuelle d'électricité photovoltaïque et d'indiquer si l'électricité est vendue ou achetée. Jusqu'à présent, les consommateurs semblent satisfaits et même plutôt fiers de leurs installations photovoltaïques.

EVALUATION ET PERSPECTIVES

Dans le cadre du projet "Sun city", la consommation annuelle en électricité de chaque famille a été mesurée en décembre 1996, c'est-à-dire avant l'installation des modules photovoltaïques entre janvier et avril 1997. Dès juin 1997, l'énergie fournie par tous les systèmes a été mesurée toutes les 15 minutes. Les principaux résultats de cette série de mesures sont les suivants :

- > 50% de l'électricité produite est consommée dans les foyers, le reste étant vendu au réseau public,
- > les foyers équipés d'un système photovoltaïque ont pu réaliser 10% d'économies d'énergie,
- > la production d'énergie issue des systèmes photovoltaïques s'harmonise parfaitement avec les autres sources d'énergie (charbon, déchets gazeux, vent).

Le projet a également permis de démontrer que l'orientation des modules photovoltaïques ne revêt aucune importance significative dans les conditions climatiques danoises.

Pour certaines familles, le compteur photovoltaïque a quasiment détrôné la télécommande du téléviseur et est désormais considéré comme l'instrument le plus important dans la maison. Le lave-vaisselle et la machine à laver sont allumés quand ils peuvent utiliser de l'électricité produite par les cellules photovoltaïques installées sur le toit de la maison. Les habitants prennent davantage conscience de leurs habitudes de consommation d'électricité tout en continuant à mener un style de vie moderne et confortable.



Diverses enquêtes effectuées par EnCon ont montré que de nombreux consommateurs s'intéressent aux énergies renouvelables et sont prêts à payer un peu plus, dans des limites raisonnables, pour de l'énergie produite de manière écologique.

Les premiers résultats obtenus dans le cadre du projet "SOL 300" sont les suivants :

- > les prix sont inférieurs à ceux établis dans le cadre du projet "Sun City",
- > les systèmes d'assemblage sont plus rapides (amélioration des câbles et des structures d'assemblage) en comparaison avec le projet "Sun City",
- > nécessité d'élaborer un design spécifique adapté à l'architecture des habitations danoises.

EnCon considère le photovoltaïque comme l'une des principales sources d'énergie pour l'avenir et participera au développement de cette technologie tant au niveau national qu'international.

Pour de plus amples renseignements, veuillez consulter le site Web : www.sol300.dk.

POUR ALLER PLUS LOIN

EnCon

Flemming Kristensen / Kenn H. B. Frederiksen

Søndergade 27

DK 8740 Brøndstrup

Tel.: +45 765 81 10 0

Fax: +45 765 81 11 1

E-mail : fk@encon.dk / kf@encon.dk

<http://www.encon.dk>

Photovoltaïque que

KARLSRUHE (Allemagne)

La pénétration de l'énergie photovoltaïque sur le marché reste encore faible. Afin de remédier à cette situation une mise en place de politiques urbaines innovantes est attendue. Tout le monde sait maintenant que les tramways de la ville de Karlsruhe circulent également sur les voies ferrées de la Bundesbahn, mais ce que l'on sait moins, c'est qu'une partie de l'électricité nécessaire est fournie depuis 1998 par une installation photovoltaïque de 100 kW_c.

ASPECTS GÉNÉRAUX

La ville de Karlsruhe, située sur la partie droite de la vallée du Rhin supérieur dans le Land de Bade-Wurtemberg, compte environ 275.000 habitants. Karlsruhe est connue grâce au Tribunal constitutionnel suprême, à ses instituts de recherche (entre autres son centre de recherche nucléaire) et à son château construit en 1715, de la tour duquel partent 32 rues en étoile. L'économie locale est marquée par les entreprises de télécommunications et d'électronique, les industries chimiques et le port sur le Rhin.

Données climatiques :

Durée d'ensoleillement : 1.650 h/a

Rayonnement solaire : 1.050 Wh/m²a



CONTEXTE

Depuis longtemps déjà les tramways de la région de Karlsruhe roulaient sur d'anciennes voies ferrées. L'idée d'un fonctionnement mixte de la Stadtbahn (société de transports urbains) et de la Bundesbahn (société de chemins de fer allemande) a été développée et mise en œuvre quelques années plus tard : les tramways et les trains utilisent ensemble les voies ferrées de la Bundesbahn. Le réseau local de la région de Karlsruhe fait aujourd'hui partie des plus importants d'Allemagne. Le système de transports de proximité ainsi créé est aujourd'hui connu dans le monde entier sous le nom de "Modèle de Karlsruhe" et a donné à la ville le surnom de "ville natale des transports publics". Rien d'étonnant donc à ce qu'une petite partie de l'alimentation en électricité des tramways s'effectue grâce à l'énergie photovoltaïque.

La subvention des transports publics fait partie du programme d'action de Karlsruhe intitulé "Energie et protection globale du climat". En 1999, dans le cadre du processus de l'Agenda 21, le Conseil communal a fixé les objectifs de réduction des émissions de CO₂ suivants pour 2005 (par rapport à 1990), en tenant compte des spécificités locales :

- > dans les secteurs des particuliers et de l'industrie, une réduction d'environ 15 %,
- > dans le secteur des transports, uniquement une stabilisation au niveau de 1990.

EXPERIENCE DE KARLSRUHE

Les Stadtwerke Karlsruhe, en tant qu'entreprise communale, ont développé leur propre programme de réduction des émissions de CO₂ basé d'une part sur le soutien du gaz naturel (en lien avec l'extension des réseaux de chauffage urbain), d'autre part sur le soutien aux énergies renouvelables. Dans ce dernier domaine, la présente fiche de cas détaille les activités de soutien au photovoltaïque. Quatre modules ont été installés :

- > une installation de 100 kW_c sur le toit du ZMK,
- > le "toit solaire de Karlsruhe",
- > des installations photovoltaïques dans les écoles,
- > l'électricité verte "R-plus".

Installation de 100 kW_c sur le toit du ZMK

Une surface d'environ 1.000 m² entièrement orientée vers le sud sur l'immense toit du "Centre d'Art et de Technologie des Médias" (ZKM) a été consacrée à une installation photovoltaïque. Cette installation a une puissance de 100 kW_c. Le courant continu qu'elle produit est directement fourni au réseau des tramways de Karlsruhe.



Le fonctionnement d'une installation photovoltaïque directement reliée au réseau électrique des transports communaux est ainsi testé dans le cadre d'un projet pilote européen. La transformation en courant alternatif habituellement nécessaire lors de la production d'électricité est ici inutile. Ceci constitue un défi technique particulier car l'installation photovoltaïque fonctionne à la tension relativement élevée de 850 volts que lui impose le réseau des tramways. Le principal objectif du projet est de relever ce défi. Les autres objectifs sont :

- > d'intégrer l'installation photovoltaïque à un bâtiment historique et,
- > de comparer les différents types de montages photovoltaïques.



Ce projet abordait un domaine tout à fait inconnu en 1997. Il a fallu alors définir les critères d'évaluation des installations photovoltaïques directement connectées avec une tension et une puissance élevées. Pour optimiser le rendement de l'installation, il convenait de simuler avec une grande précision l'ensoleillement de ses différentes parties. Le programme de simulation d'ensoleillement "RADIANCE" et le programme "INSEL" ont été utilisés dans ce but. Ils ont permis de réduire les pertes liées aux périodes d'ombre sur l'ensemble de l'installation à 8 à 11 % du rendement énergétique annuel idéal.

Le projet a permis de réunir les expériences relatives au comportement du système, par exemple les variations de tension et d'intensité du courant causées par le fonctionnement irrégulier des tramways, ainsi qu'aux conséquences sur l'installation photovoltaïque des impacts d'éclairs et des surtensions du réseau très ramifié et très étendu.

Autre point fort du projet, l'intégration des modules photovoltaïques à un bâtiment historique. Les modules de grande surface en particulier ont eu à remplir la fonction de toit dans une cour tout en répondant à différentes exigences en matière de protection contre les intempéries, d'ombre, de transmission et d'isolation.

Le coût total du projet est de 1,2 million d'euros. La Commission européenne (Direction générale Energie) a cofinancé le projet à hauteur de 35 %. Le Ministère de l'économie du Land de Bade-Wurtemberg subventionne également le projet à hauteur de 9%. Le Ministère fédéral de l'Education, de la Science, de la Recherche et de la Technologie (BMBF) assure la partie technique des mesures, cela est nécessaire pour participer au programme de mesure fédéral. Les Stadtwerke Karlsruhe participent à concurrence de plus de 450.000 euros à la réalisation de ce projet pilote de production d'énergie renouvelable.

Installations PV dans les écoles

Depuis juillet 2000, des installations photovoltaïques d'une puissance de 3 kW_c chacune produisent de l'électricité solaire sur les toits de trois écoles de Karlsruhe (un lycée professionnel, une école primaire / secondaire et un lycée). Au cours de l'automne 1999, les Stadtwerke Karlsruhe ont demandé aux écoles de la ville de se porter candidates au projet modèle "Du soleil à l'école" en présentant un projet écologique afin d'obtenir une subvention de 80.000 euros au total. Quinze écoles ont répondu à cette offre et ont présenté des projets dans lesquels elles expliquaient quelles mesures d'accompagnement et quelles autres activités elles projetaient ou menaient déjà dans le domaine de l'environnement. Un jury composé de représentants de la Mairie, de l'administration scolaire, de l'Office des bâtiments et des Stadtwerke a sélectionné trois écoles au printemps 2000.



Les professeurs et les élèves de ces trois écoles de Karlsruhe ont maintenant la possibilité de tester la production d'électricité à l'aide d'énergie solaire sur leurs propres installations photovoltaïques. Un ordinateur analyse les résultats des mesures. Les valeurs sont affichées à l'aide de tableaux installés à des endroits appropriés dans l'école. Chaque installation a coûté 25.000 euros. Les trois installations solaires ont été financées par les Stadtwerke dans le cadre d'un projet modèle de soutien des énergies renouvelables, à l'exception d'une participation de 750 euros des écoles. Les écoles ne disposant pas de fonds publics de

cette importance, cette participation a dû être fournie par les professeurs, les élèves et leurs parents. Les subventions auraient permis aux Stadtwerke de financer entièrement les installations, mais l'apport d'un montant propre a été sciemment voulu. La devise était de "prendre conscience en agissant". Les idées présentées allaient de la construction d'un vélo énergétique équipé d'ampoules et d'installations de mesure, en passant par la nomination de gestionnaires de l'énergie dans les classes, jusqu'à la création d'une société d'utilisation du soleil, avec des actions d'économie d'énergie appelées "rayon de soleil" dont les "dividendes" seraient reversés à la caisse de la classe. Les écoliers pouvaient acheter une action pour 2,5 euros. Plus l'installation photovoltaïque produit d'électricité grâce à la lumière du soleil, plus les bénéfices sont importants pour les actionnaires en herbe.

Le programme d'inauguration des installations photovoltaïques a été très varié : une classe de sixièmes a par exemple chanté "Je t'offre un rayon de soleil". Le programme scolaire comporte également des journées d'information, des programmes de mesure et la publication des résultats du rendement électrique sur la page d'accueil de leur école. En collaboration et avec le soutien des Stadtwerke, les journées annuelles d'information sur le thème des énergies renouvelables et des économies d'énergie permettent de communiquer les succès obtenus.

Le "toit solaire de Karlsruhe"

A travers le projet "toit solaire de Karlsruhe", les Stadtwerke Karlsruhe ont invité en mars 1998 des particuliers à prendre des parts dans une centrale solaire. Après l'attribution à l'automne 1999 de quasiment l'ensemble des 200 parts de la première tranche de construction, les Stadtwerke ont décidé de mettre à disposition la surface de toit restante sur leurs bâtiments administratifs pour produire de l'énergie solaire. Depuis juillet 2000, 426 modules solaires ayant une puissance totale de 40 kW_c captent les rayons du soleil sur une surface de 380 m². La production annuelle est d'environ 36.000 kWh.

L'acquisition d'une ou plusieurs parts de 100 W_c à un prix de 650 euros l'unité permet aux particuliers que cela intéresse, mais également aux sociétés, de prendre une participation dans l'installation. L'un des



avantages de l'investissement collectif est que les copropriétaires n'ont pas à supporter de frais de fonctionnement, d'entretien et de maintenance, les Stadtwerke s'en chargent. D'autre part, elles profitent du bon rendement de l'installation car une grosse installation est plus efficace que plusieurs petites. Chaque bon de participation est valable pendant vingt ans et comporte une option de prolongation. Les propriétaires de parts reçoivent une bonification sur la quantité d'électricité produite, proportionnellement à leur part : conformément à la loi sur les énergies renouvelables (EEG) en vigueur depuis l'année 2000, il s'agit de 0,5 euro par kWh, soit environ 50 euros par an pour chaque part souscrite. Le montant final est tout simplement déduit de la facture annuelle d'électricité.

Le "toit solaire de Karlsruhe" est quasiment invisible de la rue, l'installation et la production d'énergie solaire sont donc présentées en plusieurs endroits à l'aide de différents médias :

- > conseil à la clientèle à l'aide d'un ordinateur dans la Kaiserstrasse,
- > au foyer SWK à l'aide d'ordinateurs et de panneaux d'information,
- > sur un mât devant le bâtiment administratif à l'aide d'écrans à affichage digital,
- > sur le toit à l'aide d'un écran à affichage analogique.

Le courant vert "R-plus"

Depuis début 1999, les Stadtwerke proposent à leurs clients une autre possibilité de participer personnellement au financement de la production d'énergies renouvelables grâce à "R plus". Les personnes intéressées paient 0,04 euros de plus par kWh, T.V.A. incluse, pour la quantité commandée. L'offre "R plus" est accessible à partir de 20 kWh par mois, soit un supplément de 0,8 euro.

Au début de l'année 2000, plus de 400 habitants de la ville utilisaient l'offre environnementale "R plus" des Stadtwerke Karlsruhe et ont commandé au total plus d'un demi-million de kilowattheures par an. Environ un tiers d'entre eux couvrent même l'ensemble de leurs besoins annuels grâce à l'électricité "R plus" des Stadtwerke.

EVALUATION ET PERSPECTIVES

L'exemple de Karlsruhe montre bien qu'il existe de nombreuses façons d'encourager l'énergie photovoltaïque au niveau local et de l'intégrer à un programme global en matière d'énergie et de protection du climat. La représentation claire et détaillée sur Internet y participe également. La production d'électricité des deux grosses installations photovoltaïques est également consultable en ligne.

L'installation sur le ZMK, également disponible en version anglaise sur Internet, a jusqu'à présent largement répondu aux attentes. Au cours de sa première année complète d'exploitation, elle avait, avec 85.000 kWh, une production encore légèrement inférieure à l'objectif de 90.000 kWh/a. En 1999, cet objectif a pu être dépassé avec 91.000 kWh. L'apport direct d'électricité photovoltaïque produite dans le réseau de courant continu des tramways s'est avéré être une solution à la fois techniquement faisable et économique. La variante où le courant était transformé en courant alternatif s'est révélée 15 % plus chère tout en ayant un rendement inférieur de 10 %. Une analyse précise des coûts à la fin du projet montre un potentiel de réduction d'environ 25 % pour une nouvelle installation similaire. Le projet suscite un vif intérêt tant à l'étranger qu'en Allemagne où quatre projets similaires uniquement ont été déclenchés.

Les deux installations, au ZMK et le toit solaire, permettent d'éviter l'émission d'environ 130 t/a de CO₂ par rapport à une production d'électricité à partir de sources d'énergie fossiles.

POUR ALLER PLUS LOIN

Stadtwerke Karlsruhe
Referat Öffentlichkeitsarbeit
Daxlander Str. 72
D 76127 Karlsruhe
Tel.: + 49 721 599-0
Fax: + 49 721 599-896
email: postbox@stadtwerke-karlsruhe.de
[Http://www.stadtwerke-karlsruhe.de/solar.htm](http://www.stadtwerke-karlsruhe.de/solar.htm)

Photovoltaïque que

LAUSANNE (Suisse)

La pénétration de l'énergie photovoltaïque que sur le marché reste encore faible. Afin de remédier à cette situation une mise en place de politiques urbaines innovantes est attendue. En 1995, la Ville de Lausanne, membre d'Energie-Cités, a reçu le Prix solaire européen pour sa politique de promotion de l'énergie solaire en général et pour l'installation photovoltaïque que sur son Stade olympique en particulier.

ASPECTS GENERAUX

Lausanne (127.000 habitants), chef-lieu du Canton de Vaud et ville universitaire, est située sur la rive nord du lac Léman au pied du Jura et face aux Alpes. La ville a su maintenir une vaste zone de verdure sur les rives du lac. Par sa situation géographique Lausanne constitue le centre de la Suisse romande et accueille de nombreux touristes. Ce sont les Romains qui ont fondé la ville Lousonna dont quelques vestiges sont encore visibles. Son industrie est diversifiée : chimique, alimentaire et mécanique de précision. Lausanne est le siège du Comité international olympique.

Données climatiques :

Durée d'ensoleillement : 1.700 h/a
Rayonnement solaire : 1.260 kWh/m²a
Température annuelle moyenne : 9,5 °C



CONTEXTE

Suite au deuxième choc pétrolier, la Municipalité de Lausanne a démarré une politique d'efficacité énergétique. En 1983, le Service d'énergie a été créé et rattaché à la Direction des Services Industriels. Grâce à la méthode de la "signature énergétique" (relations entre la puissance appelée d'une installation de chauffage et la température extérieure) la Ville de Lausanne a procédé à un bilan complet de son patrimoine bâti, soit environ 150 bâtiments. Plus de 50 bâtiments ayant fait l'objet de réhabilitation thermique ont été reliés à un système de télégestion. Une opération de réhabilitation modèle menée dans un complexe scolaire a conduit à une économie d'énergie de l'ordre de 60%, représentant plus de 700 MWh. Sur la totalité du patrimoine, les différentes mesures d'assainissement et de gestion ont permis d'abaisser de 19 % la consommation thermique entre 1982 et 1995. Cela représente une économie annuelle d'environ 600.000 euros.

Un autre projet réalisé par le Service de l'énergie est l'installation d'une cogénération fin 1993 au collège de l'Elysée. L'installation est composée de trois modules d'une puissance totale de 1.050 kW_{th} et 480 kW_e. Afin de sensibiliser le public aux différents aspects énergétiques un lieu d'information et d'échange baptisé "Contact énergie" a été installé au centre ville. Trois à quatre expositions thématiques sont organisées chaque année.

EXPERIENCE DE LAUSANNE

Depuis plusieurs années, la Ville de Lausanne mène une politique active en faveur de l'énergie solaire. Les premiers pas dans le solaire eurent lieu entre 1989 et 1991. Ils ont consisté en la réalisation d'un projet pilote de préchauffage de l'eau chaude sanitaire de 45 m², suivi d'un second de 13 m², ces deux installations étant instrumentées de façon détaillée pour bien en maîtriser les différents paramètres.



Parallèlement, un banc d'essai de panneaux photovoltaïques fut mis en service pour tester les différents modules du marché. Trois centrales de démonstration de 5 à 10 kW furent édifiées, deux sont placées dans des collèges – avec des buts éducatifs – et la plus grande est visible par le public, au centre de la ville.

Le solaire passif ne fut pas oublié avec, en 1992, la première application en Suisse d'une isolation transparente sur l'immeuble d'habitation du parc de Valency. Cette installation est l'objet d'un grand intérêt et très visitée.



La démarche politique

Suite aux résultats positifs enregistrés, la Municipalité a exigé que dans tout projet de construction ou de transformation d'immeuble, l'utilisation de l'énergie solaire passive ou active soit examinée et intégrée. Un plan de développement comprenant toutes les possibilités de réalisations solaires sur les bâtiments communaux et appartenant à la Caisse de pension du personnel communal fut ensuite réalisé et approuvé par le conseil communal de Lausanne. Un potentiel de 1 GW photovoltaïque et un potentiel de 2.200 m² de capteurs thermiques furent mis en évidence.

Vu la conjoncture économique, il fut décidé de réaliser prioritairement le potentiel thermique des bâtiments communaux. La Municipalité ne pouvant imposer d'équiper les immeubles de la Caisse de pension, elle s'efforcera de favoriser des projets au cas par cas.

Installation du Stade olympique de la Pontaise

Au début de 1992, le Service de l'énergie a élaboré le concept global de l'installation photovoltaïque que le Conseil communal a approuvé en novembre 92. La Commune s'était fixée des objectifs pour la surface à exploiter :

- > aussi vaste que possible,
- > zone urbaine active aux alentours,
- > architecture aux contours adaptés à la pose de panneaux photovoltaïques,
- > la possibilité de multiplier ces installations sur d'autres bâtiments (stades) en Suisse ou à l'étranger.

Il fut décidé de profiter de la rénovation du stade olympique pour réaliser une centrale de 65 kW_c et de la création d'une salle de répétition au théâtre de Vidy pour en intégrer une autre en toiture de 21 kW_c. L'année 93 était consacrée à l'établissement des plans de détails et des soumissions, ainsi qu'à l'examen des offres des entreprises. Non prévue initialement, la réfection de l'étanchéité du béton de la toiture entraîna du retard et les premiers travaux de pose de la structure métallique commencèrent en automne 1994. Tout suivit très rapidement si bien que la première injection dans le réseau lausannois intervint le 15 décembre. En effet, pour garantir l'utilisation totale de l'énergie produite, l'onduleur injectant directement le courant dans le réseau de distribution de la ville.



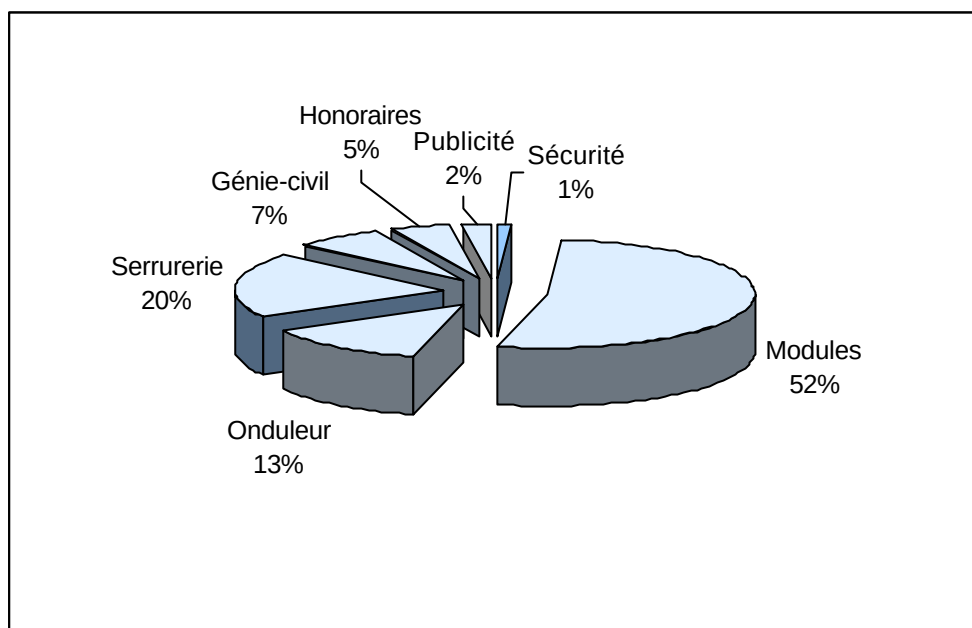
Les données techniques de l'installation du stade en quelques chiffres :

Puissance nominale :	65	kW _c
Surface photovoltaïque :	600	m ²
Panneaux photovoltaïques :	1.296	nombre
Production annuelle d'électricité (moyenne) :	65.000	kWh/a
Armatures métalliques :	21.500	kg
Câbles électriques :	4.000	m

L'installation du Stade olympique comprend aussi une partie thermique de 48 m² pour chauffer l'eau sanitaire, 20% des besoins sont couverts par les capteurs solaires.

Aspects financiers

Le coût total de l'installation photovoltaïque du stade olympique s'est élevé à 639.317 euros dont environ le quart ont été pris en charge par le programme "Projets pilotes et démonstration" de l'Office Fédéral de l'Energie. La répartition de ce montant figure dans le graphique suivant :



Avec cet investissement les coûts de production s'élèvent à 0,55 euro/kWh un prix comparable aux autres installations en Europe. Le prix actuel de l'électricité pour les particuliers est de 0,17 euro/kWh.

Autres activités de promotion

La Ville de Lausanne soutient des projets et subventionne des installations privées par un fond spécial. Par des expositions, des documents grand public, elle sensibilise la population aux différents aspects de la production d'eau chaude sanitaire, de l'électricité photovoltaïque et de l'architecture solaire. Des documents, des informations sur les conditions d'attribution des subventions ainsi que le nombre des installations ayant été subventionnées sont accessibles sur Internet (adresse voir infra). Elles sont régulièrement actualisées. Par exemple fin 1999, 42 installations de pompes-à-chaleur (~ 305.000 euros), 70 scooters électriques (17.080 euros), 250 kits photovoltaïques (61.000 euros).

EVALUATION ET PERSPECTIVES

La politique de promotion de l'énergie solaire en général ainsi que l'installation pionnière du Stade olympique de Lausanne méritent bien la double attribution à la Ville de Lausanne du Prix Suisse et du Prix européen de l'énergie solaire en 1995. L'année 2000 a vu l'aboutissement des efforts dans la promotion du photovoltaïque. Fin 1999, les centrales photovoltaïques installées totaliseront 205 kW_c. Rapporté au nombre d'habitants, cela correspond à 1,6 W/habitant ; onze installations de préchauffage de l'eau chaude sanitaire couvriront quant à elles une surface de 330 m².

Dans le domaine de l'information et de la sensibilisation du public, une exposition (permanente sur le site internet) sur l'énergie solaire a été présentée durant l'été au centre "Contact Energie". Vidéos, documents, panneaux, exemples de réalisations, matériel, prix indicatifs et subventions sont à disposition du public.

Malgré une conjoncture marquée par une réduction des dépenses publiques, la Ville de Lausanne a pratiqué une politique anti-cyclique en maintenant un niveau d'investissement élevé jusqu'en 1997.

Cela a permis d'obtenir des résultats intéressants. En l'absence de nouvelles dispositions encourageant les énergies renouvelables en Suisse, les prochaines années consisteront surtout à gérer l'acquis, en reportant les projets conséquents à des jours meilleurs.

POUR ALLER PLUS LOIN

Ville de Lausanne

Direction des Services Industriels

Service de l'énergie

Georges OHANA

Route de Genève

Case Postale 312

CH-1000 LAUSANNE 09

Tel.: +41 21 315 87 41

Fax: +41 21 315 80 15

E-mail : georges.ohana@lausanne.ch

<http://www.lausanne.ch/energie>

Photovoltaïque que

MATARÓ (Espagne)

La pénétration de l'énergie photovoltaïque sur le marché reste encore faible. Afin de remédier à cette situation une mise en place de politiques urbaines innovantes est attendue. La ville de Mataró profita de la construction d'une nouvelle bibliothèque pour expérimenter ce type d'énergie renouvelable et être un lieu de démonstration de cette technologie montante.

ASPECTS GENERAUX

Mataró est une municipalité située à 20 km au nord de Barcelone, sur la côte centrale de la Catalogne. C'est une ville de 105.000 habitants, particulièrement sensible à la question de l'environnement, engagée activement dans des projets innovants tels que la bibliothèque publique Pompeu Fabra.

Données climatiques :

Heures annuelles d'ensoleillement : 2.360

Température moyenne annuelle : 15,7° C



CONTEXTE

En 1996, la ville de Mataró a rejoint la Charte des villes européennes durables, connue sous le nom de Charte d'Aalborg. Par cet engagement, Mataró a rejoint la campagne européenne visant à initier un développement durable, simultanément avec d'autres villes engagées. Mataró avait déjà entamé ce processus avec la publication de son Plan Stratégique en 1994. La première action résultant de ces engagements fut le développement d'instruments politiques de durabilité. Un élément majeur fut l'Audience Municipale pour l'Environnement qui s'est déroulé en 1997. Un débat fut organisé suivi d'un Plan Municipal d'Action et d'un Plan de Surveillance, toutes initiatives qui ont donné forme à l'Agenda 21 de Mataró.

Dans la ligne stratégique du Plan d'Action Environnemental consacrée à l'énergie, Mataró a entrepris de développer l'utilisation de sources d'énergie propre et renouvelable. Des actions municipales en faveur des économies d'énergie ont également été étudiées. Elles comprenaient l'avant-projet d'un plan de management pour un éclairage public intégrant des lampes économes en énergie, des diagnostics énergétiques des bâtiments publics, accompagnés de plans d'amélioration, l'incorporation de systèmes de faible énergie dans les bâtiments de la ville et un examen de l'efficacité énergétique en tant que facteur important pour l'attribution de projets publics lors des appels d'offres. Il existe également un plan pour promouvoir l'utilisation efficace de l'énergie dans de multiples secteurs d'activités : la promotion d'une consommation réduite d'énergie dans l'industrie, l'encouragement des biocarburants dans les transports publics et des incitations pour une meilleure utilisation de l'énergie dans l'habitat et les installations privées.

EXPERIENCE DE MATARÓ

La ville de Mataró a cherché à démontrer, par son prototype de bâtiment, que l'utilisation d'énergie solaire n'est pas seulement faisable mais également profitable.

Le projet a été bien accepté par les citoyens. La ville en a fait la promotion via des publications dont celle en catalan intitulée *Petita història de la Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró* ("La petite histoire de la bibliothèque Pompeu Fabra"), qui explique, par des images et un style pédagogique, comment fonctionnent les sources d'énergie solaire et les cellules photovoltaïques, et aborde le sujet évidemment de la question de l'énergie solaire.



La Conception Générale du Bâtiment

Une bibliothèque est un endroit où une lumière suffisante et de grande qualité est un critère important. La conception de ce bâtiment doit aider le public à apprécier les livres de la bibliothèque et le savoir qu'ils contiennent sans coûts supplémentaires pour l'environnement.



Le bâtiment a été conçu dans l'idée d'incorporer un double système énergétique : à partir des cellules photovoltaïques pour la production d'électricité ; pour l'énergie thermique à partir de la chaleur de récupération issue de la lame d'air située entre la façade PV et la paroi vitrée de la bibliothèque, dans le but de chauffer celle-ci. La bibliothèque est de forme rectangulaire, et sa façade principale, mesurant 225 m², est exposée au sud ; elle est faite à partir de différents types de modules PV. Certains à partir de cellules en silicium poly-cristallin : dans ce cas, la

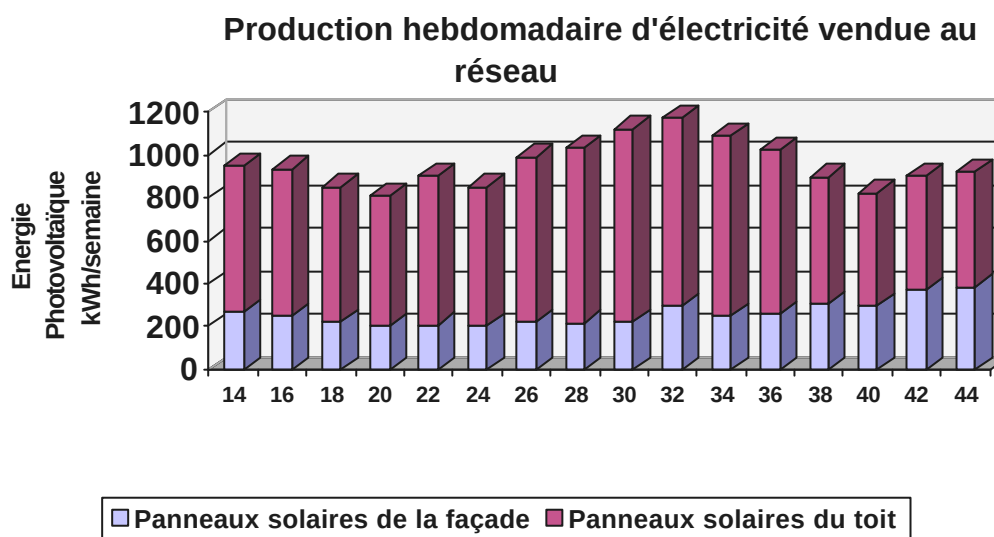
façade est semi-transparente en raison de la forme carrée de la cellule PV qui laisse 1.4 cm d'espace entre chaque rang. Cette bande horizontale transparente couvre toute la longueur de la façade, produisant ainsi un effet particulièrement esthétique de l'intérieur.

Ces modules sont installés en laissant entre eux un espace de 15 cm et le toit, qui comporte une chambre ventilée permettant de rafraîchir les cellules photovoltaïques, produit de ce fait de l'air chaud en même temps. En utilisant la convection naturelle, l'air chaud circule là où on en a besoin : durant l'été, l'air chaud est libéré à l'extérieur, augmentant ainsi l'effet d'isolation du toit, et en hiver l'air chaud est soufflé par des ventilateurs dans le système de chauffage conventionnel. Cette conception permet des économies d'énergie d'environ 30%.

Dans le toit il y a 4 lanterneaux (comme des toits d'usine) de 94 m² chacun. Ils sont inclinés à 37°, permettant ainsi à une lumière indirecte d'entrer sur le côté nord. Certains des modules sont à base de silicium amorphe semi-transparent. Chaque lanterneau compte 13 modules PV opaques, et 6 autres semi-transparents, qui fournissent de la lumière dans les entrées. Il y a deux types de modules opaques : le premier consiste en des cellules photovoltaïques mono-cristallines de marque BP Solar et les seconds sont des cellules photovoltaïques poly-cristallines de marque Photowatt. Dans les deux cas, la chambre de ventilation est tapissée de panneaux isolants. Les modules semi-transparents utilisent le même système de ventilation que la façade et sont équipés de cellules solaires de silicium amorphe de marque PST (Phototronics Solar Technik GmbH), encastrées dans des double vitrages. Cette technologie innovante insérée dans du double vitrage fut développée par Teulades Multi-Funcionals (TFM), dans le cadre du programme européen Joule II.

L'efficacité énergétique du bâtiment

L'Université de Barcelona, en coopération avec les ZSW de Stuttgart, a développé un système de surveillance informatisé, qui leur permet de recueillir des données précises. Une analyse qui a permis de recueillir des données sur 7 mois indique que l'installation photovoltaïque de la bibliothèque a un coefficient d'efficacité de 62%, ce qui est un taux satisfaisant, si l'on tient compte de l'état actuel de la technologie photovoltaïque.



Dans le diagramme ci-dessus, on peut comparer la production d'énergie de la façade avec celle des fenêtres, laquelle diffère en raison de l'angle d'exposition des modules. En conséquence, cet exemple montre que l'installation des panneaux est cruciale pour l'efficacité du système. En hiver, quand le soleil est bas, la façade a un rendement similaire à celui des lanterneaux, mais en été, quand le soleil est haut, la production des panneaux du toit équivaut à presque trois fois celle de la façade. Le bâtiment couvre une large portion de ses besoins énergétiques tout au long de l'année. Deux compteurs ont été installés, l'un qui mesure l'énergie produite et un autre qui mesure l'énergie consommée par le bâtiment.

Le tableau suivant montre la production totale annuelle (façade et lanterneaux) depuis le début des opérations, le 1^{er} mai 1996 (source : la compagnie d'électricité ENHER)

Période	1996 (7 mois)	1997	1998	1999
Production (MWh)	29,6	40,6	47,2	42,5

Cela signifie que le bâtiment est à la fois écologique et rentable ou, pour être plus précis, il serait rentable si cette technologie n'était pas si coûteuse pour le moment. A cela, il faut ajouter une alimentation provenant du système de production de chaleur, qui fournit environ 30% d'économie dans les coûts pour le chauffage de l'espace.

La connexion au réseau est assurée par des onduleurs Solwex de 2 et 5 kVA, qui furent sélectionnés pour leur rendement, leur compatibilité et leur fiabilité. Le système photovoltaïque a un rendement maximum de 53 kW_c, c'est à dire 20 kW_c pour la façade et 33 kW_c pour les lanternes.

EVALUATION ET PERSPECTIVES

Aujourd'hui, l'électricité photovoltaïque reste chère. Tant qu'il revient moins cher d'utiliser du pétrole, et tant que la société accepte la pollution provenant des combustibles fossiles ou les risques provenant des déchets, la réticence à accepter l'électricité photovoltaïque, en particulier dans les milieux financiers, persistera. Le système électrique installé dans la bibliothèque de Mataró évite une émission dans l'atmosphère de 55 tonnes de CO₂, 500kg de SO₂ et 200kg de NO_x comparé à un système conventionnel.

Mataró projette de construire une nouvelle *Zona Esportiva Municipal del Sorral*, qui en est à présent au stade initial. Des systèmes et des techniques pour l'utilisation rationnelle de l'énergie, et l'utilisation d'énergies renouvelables vont être appliqués dans ce projet. Chaque innovation doit faire face au scepticisme, mais des projets tels que celui entrepris par la municipalité de Mataró font preuve d'optimisme. Grâce à d'autres projets similaires, la ville de Mataró souhaite se préparer à l'avenir. Les succès technologiques sont nécessaires, mais une bonne attitude de la part de la société et des autorités publiques est tout aussi capitale.

Ce projet a reçu un financement de la Commission européenne (DG TREN – Programme Thermie/Energie) et de l'ICAEN, Agence catalane de l'énergie.

POUR ALLER PLUS LOIN

Ajuntament de Mataró

Regidoria de Ciutat Sostenible

C/ La Riera 48

ES - 08301 MATARO

Tel: +34 93 758 21 00

Fax: +34 93 758 21 22

E-mail: ajmataro@infomataro.net

<http://www.informatoro.net>

Biblioteca Pública Pompeu Fabra

Plaça Occitània, s/n

ES - 08302 MATARO

Tel: +34 93 741 29 20

Fax: +34 93 741 29 22

E-mail: b.mataro.pf@diba.es

Photovoltaïque que

MÜNCHEN (Allemagne)

La pénétration de l'énergie photovoltaïque que sur le marché reste encore faible. Afin de remédier à cette situation une mise en place de politiques urbaines innovantes est attendue. La Ville de München, membre d'Energie-Cités, encourage la diffusion de technologies innovantes, telles que celles utilisant l'énergie solaire, au moyen de subventions, de coopération avec les industries impliquées, et d'un travail de relations publiques. Il en va ainsi pour le photovoltaïque que qui est notamment soutenu par un tarif de rachat de l'électricité solaire très élevé. Le succès obtenu à ce jour est assez impressionnant.

ASPECTS GÉNÉRAUX

München, fondée en 1158, est aujourd'hui, avec 1.300.000 habitants, la troisième plus grande ville d'Allemagne, et le principal centre de commerce de l'Allemagne du sud. La capitale de l'Etat de Bavière est située sur la rivière Isar ; elle possède de précieux monuments historiques datant de la période baroque (le Palais de Nymphenburg) et de la Renaissance, ainsi que des musées d'importance européenne (Musée allemand des Sciences et Techniques) et des collections d'art. Les industries de l'ingénierie électrique et de l'automobile y sont également représentées.

Données climatiques :

Heures d'ensoleillement par an : 1,740

Radiation solaire : 1,127 Wh/m²a



CONTEXTE



A München, la première pierre d'une politique municipale engagée pour la promotion des sources d'énergie renouvelable fut posée à la fin des années 1980, quand le Plan d'économies d'énergie fut établi. Dans le cadre de ce Plan, le potentiel technique d'installation de capteurs solaires (380 GWh/a) et de systèmes photovoltaïques - PV - (1.900 GWh/a) a été déterminé. La Ville donna à la Compagnie municipale, la Stadtwerke München (SWM) - qui était alors une régie municipale - la responsabilité de mettre ce programme en place. Au début de l'année 1998, la Stadtwerke fut transformée en une société anonyme privée, accordant ainsi plus d'indépendance au SWM.

En 1997, un instrument supplémentaire fut créé, sous la forme de l'Agence Munichoise de l'Energie (MEA), qui a joué un rôle important dans la mise en place du programme d'économies d'énergie, en particulier concernant les petites et moyennes entreprises. Les activités de soutien de la Ville de München mirent en premier lieu l'accent sur les systèmes thermiques solaires qui ont été soutenus (projets pilotes et subventions étendues) dès le début des années 1990. Depuis 1995, les systèmes photovoltaïques figurent parmi les objectifs et bénéficient ainsi des mesures de subventions.

EXPERIENCE DE MÜNCHEN

L'"Ere Photovoltaïque" fut amorcée en 1995 avec le projet "Solarstrom München" (Electricité Solaire de München). Quelques composants de ce programme, ainsi que d'autres projets photovoltaïques, sont brièvement décrits ci-dessous, à savoir :

- > Electricité Solaire de München
 - Une aide aux résidents pour l'achat de kits de panneaux solaires et des conseils sur place
 - Un rachat de l'électricité solaire, jusqu'à un euro par kWh,
 - Des installations financées par les citoyens qui ont acheté des titres de participation,
 - Une surveillance et un contrôle qualité des unités photovoltaïques privées,
- > Service Solaire de München,
- > Installation photovoltaïque au nouveau parc d'exposition ("Münchener Messezentrum").



Electricité Solaire de München

- > Achat en grosse quantité de kits de panneaux solaires

A la fin de l'année 1995, le conseil municipal a décidé de promouvoir la génération d'électricité provenant des panneaux solaires. Afin d'obtenir un prix très favorable pour les résidents individuels, deux cents unités standards de 1,1 kW_c furent achetées et vendues sans aucune marge à la clientèle des particuliers de SWM au cours de l'année. Du fait d'un grand intérêt, d'autres achats en grosse quantité durent être effectués. De février à décembre 1996, SWM conseilla 320 de ses clients de façon compréhensible et impartiale sur l'installation des kits. Dans les consultations sur place, on discute du lieu, du rendement énergétique à attendre, de l'intégration dans le système existant du comptage électrique de la production et de l'injection dans le réseau, du système de mise à la terre pour la protection contre la surtension, etc. Afin de procéder à une installation rapide et bon marché, une campagne spéciale fut lancée en coopération avec l'association des électriciens de München, par laquelle les clients furent informés des entreprises intéressées et qualifiées. Les clients et les artisans profitèrent tous deux de cette coopération, étant donné que ces derniers purent améliorer leur savoir-faire dans le domaine du photovoltaïque.

- > Rachat de l'électricité solaire

Les opérateurs des unités de panneaux PV signèrent des contrats d'approvisionnement de dix ans avec SWM, qui spécifiaient ce qu'on appelle en allemand "kostendeckende Einspeisevergütung für solar erzeugten Strom", à savoir une tarification à prix coûtant pour le rachat de l'électricité solaire injectée sur le réseau public (jusqu'à un euro par kWh). Les opérateurs doivent être des clients en électricité de SWM avec des tarifs standards. La taille maximale fut limitée à 5 kW_c. Aucune nouvelle installation ne fut subventionnée après la fin du programme le 20 mars 1999. La raison en est la restructuration et l'orientation de SWM dans le sens d'une entreprise privée, donc d'orientation plus commerciale. Environ 800 kW_c de petites unités furent installés dans le cadre de ce programme. Quand les grandes unités de co-propriété et le système 1-MW_c installé sur les nouveaux bâtiments du parc des expositions de Neu Riem furent ajoutés, on dénombra un total de plus de 2 MW_c de panneaux solaires.

- > Des installations sous la forme d'actionnariat

A l'automne 1997, SWM planifia, construisit et finança une unité de panneaux solaires de 37- kW_c durant la rénovation des toits du centre culturel Pasinger Fabrik. Les clients de SWM purent acheter des actions de 250 W_c à un prix d'environ 1.970 euros. L'actionnaire est payé à peu près 1 euro par kWh généré, mais environ 7 % de cette somme sont retenus pour l'assurance, les réserves pour les réparations et pour l'entretien. Pour l'actionnaire, cela signifie que le prix de l'action sera récupéré en dix ans, avec 3% d'intérêts pour une capacité annuelle de génération de 850 kWh par kW. Après cela, SWM paiera aux actionnaires les prix officiels en vigueur au plan national pour le rachat d'électricité pendant cinq autres années (la loi allemande favorisant l'électricité d'origine renouvelable, votée en

février 2000 garanti un prix de rachat sur 20 ans de 0,99 DM, soit 0,5 euro/kWh. Toutes les actions de l'installation PV de Pasinger Fabrik ont été vendues en un temps très court.

Encouragé par ce succès un deuxième projet a d'ores et déjà été réalisé sur le toit de l'école primaire à Moosburg (15,75 kW_c avec une génération d'électricité annuelle attendue de 13.000 kWh). Les partenaires du projet vont garantir l'intégration de cette information dans les cours dispensés au centre scolaire.



> Surveillance et contrôle qualité des systèmes photovoltaïques

Dans le cadre de ce programme, une thèse universitaire fut demandée, qui devait inclure un contrôle qualité pour en contrôler l'efficacité, et une étude sur les effets des unités opérant en parallèle avec le réseau d'approvisionnement d'électricité de SWM. De bons systèmes sont publiés dans le magazine destiné aux clients de SWM, afin qu'ils puissent comparer.

L'installation PV sur le parc d'exposition

SWM a financé 14% des coûts d'installation des capteurs solaires pour une puissance de 1.016 kW_c au nouveau Parc d'Exposition munichois. La génération d'électricité annuelle est de 1 GWh, couvre 4% de la consommation d'énergie du Centre, et évite environ 1.000 tonnes d'émissions de CO₂ par an. Le coût du projet complet a été estimé à 7 millions d'euros, dont 20 % ont été apportés par le Ministère du Commerce bavarois, et 10 % par le Ministère fédéral de la Recherche



Service Solaire de München

En plus des systèmes photovoltaïques, SWM a activement promu l'utilisation de l'énergie solaire thermique pendant de nombreuses années. Seul le "Service Solaire" est pris en compte ici. Ce Service Solaire est offert aux propriétaires, aux logeurs, aux associations pour locataires et propriétaires, et aux établissements municipaux. SWM prend en main la gestion complète du projet, de la consultation à l'exécution, y compris des arrangements financiers personnalisés. Dans le cas de maisons individuelles, SWM fournit une avance pour le financement de l'investissement, les prix d'acquisition étant remboursés par des versements mensuels, et ceci pendant huit ans. En coopération avec les associations d'artisans, SWM offre un package "énergie solaire" comprenant 6 m² de capteurs et un réservoir de 400 litres. Les coûts d'achat sont d'environ 5.000 euros ; selon la disponibilité d'autres subventions, les propriétaires paient un total de 3.300 à 4.100 euros. Le Service Solaire de München garantit la quantité de chaleur fournie par le capteur solaire. Et les services rendus prennent également en compte l'entretien et la rectification immédiate de défaillances techniques pendant la période du contrat.

Relations publiques

A München, on attache une grande importance au travail de relations publiques. Cela permet de mettre en place des actions telles que les Journées Solaires de München, qui se tiennent tous les ans en mai en des lieux tels que la Marienplatz devant l'historique mairie. Cela consiste en une exposition, des conférences, un salon et des activités culturelles. Les relations publiques à München effectuent un travail avec les écoles (la campagne "Soleil à l'Ecole") et de la publicité (prospectus et communiqués de presse), ainsi que des petits exemples symboliques d'utilisation de l'énergie solaire. Par exemple, à München, des écrans diffusant les horaires du système de transport public sont éclairés durant la nuit au moyen de l'énergie solaire stockée dans les batteries pendant la journée.

EVALUATION ET PERSPECTIVES

L'objectif de cet achat de modules PV en grande quantité par la compagnie municipale était d'aider cette technologie relativement nouvelle à s'installer rapidement sur le marché avec des prix bon marché. En 1991, la construction d'une unité coûtait encore de 12.500 à 14.500 euros en moyenne par kWh installé, alors que pour la première année du programme "Electricité Solaire de München", cela tomba à environ 7.500 euros.

Le programme "Electricité Solaire de München" est un grand succès. En comptant les installations communes et l'installation de 1 MW_c sur les halls du Parc d'Exposition à Neu Riem, plus 2 MW_c de systèmes PV sont maintenant installés. Le marché des petites installations PV en dessous de 5 kW_c est bien établi à München, grâce au rachat d'électricité fournie au réseau à un prix très élevé, jusqu'à 1 euro par kWh. Des perspectives de ventes à long terme ont été créées pour les fournisseurs de ce marché. De nombreux clients font fonctionner à la fois des panneaux PV et des capteurs solaires pour fournir de l'eau chaude sanitaire.

A l'avenir, la promotion de la pénétration du marché des énergies renouvelables devra être prise en charge par l'Administration de la Ville elle-même. Du fait de la libéralisation des marchés d'électricité, SWM s'oriente encore plus vers des critères commerciaux et réduit ainsi nettement ses mesures de subvention. La Ville est sur le point d'étendre sa promotion du photovoltaïque et a pour cela réservé environ 380.000 euros dans son budget 2000. Et en février 2000, la loi allemande de soutien aux énergies renouvelables a fixé pour toute l'Allemagne le prix de rachat : 0,99 DM (0,50 euro).

POUR ALLER PLUS LOIN

Stadt München

Umweltschutzreferat
Georg Ritter
Bayerstr. 28a
D 80335 München
Tel.: +49 89 233 2 36 25
Fax: +49 89 233 2 77 24
E-mail : ritter@umw.cube.net
<http://www.muenchen.de/referat/rgu>

Stadtwerke München

Energieservice
Gerald Kumerle
Oberanger 37
D - 80287 München
Tel. : + 49 89 2361-2456
Fax : + 49 89 2361-2478
Email : Kumerle.gerald@swm.de
<http://www.swm.de>

Photovoltaïque que

PALERMO (Italie)

La pénétration de l'énergie photovoltaïque sur le marché reste encore faible. Afin de remédier à cette situation une mise en place de politiques urbaines innovantes est attendue. A Palermo "l'âge du soleil" a commencé en mai 1997 avec l'inauguration d'une installation photovoltaïque de 24 kW_c sur le toit d'un parking. Ce parking héberge 20 voitures électriques mises à disposition des habitants grâce à des "parking d'inter-échanges" (car-sharing). Un projet au moins aussi innovant pour la ville de Palermo que l'utilisation de l'énergie solaire.

ASPECTS GENERAUX

Palermo, 700.000 habitants, est la capitale de la Sicile et chef-lieu de la province du même nom. La ville s'étend au fond d'un large golfe dominé par le mont Pellegrino, en bordure de la Conca d'Oro, avec un port sur la mer Tyrrhénienne. Palermo est le centre industriel de la Sicile (industrie alimentaire, mécanique, industrie des matières plastiques et du pneu) et exporte des agrumes, du vin et du soufre.

Données climatiques :

Durée d'ensoleillement : 2 690 h/a

Rayonnement solaire : 1 780 kWh/m²a

Température annuelle moyenne : 17,9 °C



CONTEXTE

Jusqu'en 1994, Palermo, l'une des villes les plus méridionales de la Communauté européenne, ne possédait que peu d'installations de chauffage solaires et aucune installation photovoltaïque, et cela bien que les conditions climatiques se prêtent excellentement à leur exploitation. Cet aspect reflète le rôle minime que le solaire jouait encore dans toute l'Italie jusqu'à une époque récente.

Les projets d'utilisation de l'énergie solaire mis en chantier dans de nombreux pays européens dans les années soixante-dix, après la première crise pétrolière, ne suscitèrent pas d'intérêt particulier en Italie. L'absence de sensibilisation de l'opinion publique, jointe aux faibles attraits financiers et à une politique énergétique qui, jusqu'au début des années quatre-vingt dix, n'accordait que peu d'attention à l'énergie solaire, expliquent le retard de l'Italie en matière d'utilisation de l'énergie solaire par rapport à ses voisins européens.

Ce n'est qu'au cours des cinq dernières années que, induites par les mesures et programmes de la Commission européenne, des initiatives visant la promotion et la propagation des installations des capteurs solaires et des panneaux photovoltaïques furent prises par les municipalités et les fournisseurs d'énergie.

EXPERIENCE DE PALERMO

Projet ZEUS

La ville de Palermo, avec 700.000 habitants et 380.000 automobiles, se caractérise par une situation de trafic assez difficile, typique de beaucoup des villes du sud de l'Europe. Depuis 1994, la ville essaie de mettre en place les conditions d'une mobilité urbaine plus "durable". Ceci implique des actions à différents niveaux et c'est aussi la raison pourquoi la ville s'est associée au projet ZEUS. Zeus, abréviation de "Zero and low Emission vehicles in Urban Society", est un projet co-financé par la Commission européenne, dans le cadre de l'initiative promotionnelle du programme Thermie, visant à résoudre les problèmes relatifs au trafic automobile et à la conséquente pollution atmosphérique.



Palermo, en partenariat avec les administrations de Stockholm, Athènes, Helsinki, Londres/Coventry, Luxembourg, Copenhague et Brème, participe au projet de la Commission européenne, dans le but de développer une action décisive pour la promotion des véhicules propres (électriques, au méthane, au biogaz, au GPL, etc.) dans les centres urbains et pour la diminution de la pollution due au trafic routier. Les acteurs impliqués au niveau local sont la municipalité de Palermo, le service du gaz de Palermo (AMG), les transports publics (AMAT) et ENEL (entreprise nationale d'électricité).

Les voitures électriques en car-sharing

Le projet de Palermo prévoit l'introduction de 95 véhicules électriques (pour le transport de passagers et de marchandises), l'acquisition de 8 bus au méthane et la conversion au méthane de 17 bus et 210 voitures roulant à l'essence ou au gasoil. Une partie des véhicules électriques sera mise à disposition des habitants grâce à des "parking d'inter-échanges" (car-sharing). Les habitants pourront laisser le moyen de transport traditionnel et prendre les voitures "propres" qui seront d'ailleurs admises à entrer dans les zones à trafic limité.



Un groupe de représentants des villes européennes qui participent au projet a sélectionné les voitures sur la base des caractéristiques techniques et économiques et sur le type de service de transport requis par chacune d'entre-elles. Les voitures acquises par Palermo sont la FIAT seicento Elettra (88) et la Citroën Berlingo (7).

Quelques véhicules électriques seront utilisés en car-sharing, un service novateur qui a déjà eu un grand succès en Europe centrale. Ceux qui adoptent ce type de service, abandonnent généralement la deuxième voiture, résolvant ainsi les problèmes de manutention et de parking. L'utilisateur acquiert le droit de partager avec les autres usagers le

park d'autos mis à disposition par le gestionnaire du car-sharing, payant une part en relation au nombre de kilomètres parcourus et au temps d'emploi. Treize endroits près des principales stations de transport public seront accessibles à ces véhicules. Les caractéristiques de ce système incluent la réservation automatique à partir d'endroits isolés, service disponible 16 heures par jour, et l'autorisation d'utiliser les lignes de bus et les zones à accès limité en ville. En somme, une sorte de "location de voiture ouverte" qui en Allemagne, par exemple, a contribué à réduire la circulation et le stationnement des voitures vu que chaque véhicule partagé en car-sharing peut remplacer 4 ou 5 voitures.

Installation photovoltaïque de "Notarbartolo"

Le projet ZEUS prévoit la planification et la réalisation d'une installation solaire photovoltaïque pour le stationnement et la recharge des voitures électriques. Ceci a été réalisé dans un terrain du chemin de fer italien, en face de la gare "Notarbartolo", avec la collaboration du ENEL.

Le système est étudié pour recharger les batteries des voitures électriques avec l'efficacité et la souplesse maximale. L'énergie est injectée dans le réseau électrique durant le jour, quand l'énergie électrique est plus coûteuse, pour être ensuite utilisée la nuit pour la recharge des batteries.

L'installation comporte un toit photovoltaïque de 215 mètres carrés et une puissance de pointe de 24 kW_c. Elle a une production d'énergie électrique moyenne de 90 kWh/j. Considérant une consommation moyenne de 1 kWh pour environ 4 km, avec cette installation 5 voitures peuvent être alimentées avec une capacité de chargement de 500 kg (dans le cas de marchandises) et être en mesure de parcourir pour chacune d'entre-elles environ 75 km.



Afin de garantir la disponibilité permanente des voitures, la possibilité de recharge rapide des batteries a été prévue. En effet, pour permettre au système d'être indépendant des conditions d'usage des voitures électriques et des conditions de rayonnement solaire, l'énergie produite à partir des toits photovoltaïques n'est pas directement utilisée pour recharger les voitures électriques, mais est stockée dans le réseau ENEL d'où elle est ensuite prélevée. Le réseau électrique par conséquent réalise de cette manière un cumul d'énergie à efficacité élevée.

Principales caractéristiques techniques

Puissance de pointe installée : 24 kW_c

Tension (c.c) : 170 V

Tension (c.a) : 380 V

Energie produite : 25-30 MWh/a

La station d'inter-échanges est

contrôlée en permanence sur tous ses paramètres électriques. Le système d'acquisition de données fourni, en temps réel, la valeur de la puissance électrique que chacun des 24 inverseurs échange avec le réseau électrique, et d'autre part vient mesurer le rayonnement solaire sur chacune des deux parties du toit qui composent le système entier : La température d'une cellule photovoltaïque prise comme référence et la température ambiante. Les valeurs mesurées sont envoyées à un autre système automatique qui, par l'autre contrôle le fonctionnement des 24 inverseurs (Sunny Boy Control). Les valeurs sont ensuite visualisées sur un ordinateur installé dans un local adjacent au parking d'inter-échanges et sont enregistrées pour traitement ultérieur.



EVALUATION ET PERSPECTIVES

L'installation a été mise en service en mai 1997. Elle a produit, de janvier 1998 à la fin d'août 1998, environ 19 MWh et aucune panne du générateur ou du système de contrôle n'est survenue. Cela signifie que l'installation photovoltaïque de Palermo produit environ 25 à 30 MWh par an ce qui correspond à approximativement 8 à 10.000 litres d'essence. Les chiffres pour 1999 n'étaient malheureusement pas encore disponibles fin 2000.

Les seuls problèmes proviennent de l'échauffement excessif des panneaux photovoltaïques lorsque les températures sont proches de 45°C.

L'énergie produite jusqu'à maintenant, qui reste de toute façon disponible, est équivalente à un trajet de 100.000 km parcouru par des véhicules électriques en condition de charge moyenne.

L'entière structure, incluant l'architecture et la construction du parking a coûté environ 240.000 euros. Le coût commercial de l'installation photovoltaïque elle-même est d'environ 168.000 euros (7.000 euros / kW_c). Le prix d'une voiture électrique était respectivement de 17.600 euros pour une Fiat 600 et de 16.850 euros pour une Citroën, les batteries étant comprises. Le projet a reçu des subventions de la Commission européenne et du Ministère de l'Environnement Italien. Le gouvernement italien a subventionné l'achat des véhicules électriques à hauteur de 65%.



Palermo a comparé la Fiat 600 Elettra à une Fiat 600 à essence et en a déduit que le modèle électrique avait un fonctionnement moins onéreux, effectuant 27 km par euro par comparaison au modèle essence qui n'en faisait que 18. Cependant, les investissements au départ sont plus importants pour le modèle électrique.

Le car-sharing a été mise en service en Juin 2000. Les habitants s'intéressent de plus en plus pour ce modèle de déplacement urbain mais, faute d'une vraie promotion publicitaire, l'écho est jusqu'à présent resté assez faible. C'est pourquoi la municipalité a décidé d'élargir le système et d'intégrer la location des scooters électrique dans le car-sharing à partir de janvier 2001 et de démarrer une campagne de promotion.

En outre un projet d'installation photovoltaïque sur 11 nouveaux parkings situés dans la ville de Palermo est en cours. La taille des réalisations dépendra fortement des subventions qui pourront être obtenues du côté de Commission européenne et du gouvernement italien.

POUR ALLER PLUS LOIN

Commune di Palermo

Antonio Mazzon
Piazza della Pace, 7
I 90139 Palermo

Tel.: + 39 091 74 06 077 / Fax: + 39 091 74 06 000

E-mail : a.mazzon@urb.comune.palermo.it / <http://www.zeus-europe.org>

Photovoltaïque que

ZÜRICH (Suisse)

La pénétration de l'énergie photovoltaïque sur le marché reste encore faible. Afin de remédier à cette situation une mise en place de politiques urbaines innovantes est attendue. Avec l'introduction de la bourse solaire "ewz" en 1997, la ville de Zürich a joué un rôle de pionnier désormais considéré et reconnu dans le monde entier. A Zürich même, la puissance photovoltaïque installée est passée en trois ans de 32 kW_c à 1.620 kW_c.

ASPECTS GENERAUX

Autour du vieux Zürich, qui ne forme plus maintenant qu'un petit noyau à l'extrémité du lac, la ville s'est considérablement développée en s'étageant sur les collines qui bordent celui-ci. Même si c'est un important centre industriel, Zürich est avant tout le plus grand centre bancaire et financier de la Suisse. Outre les centrales de nombreuses banques et unions de banques, la bourse suisse et le marché de l'or participent également à ce projet. Avec environ 345.000 habitants (940.000 dans l'agglomération), Zürich est la plus grande ville de la Confédération.

Données climatiques :

Durée d'ensoleillement : 1.800 h/a
Rayonnement solaire : 1.120 kWh/m²a
Température annuelle moyenne : 7,7 °C



CONTEXTE

La ville de Zürich est connue pour sa politique de l'énergie, qu'elle mène depuis deux décennies déjà à travers un projet global incluant également la circulation et les transports urbains. Avant le référendum national de septembre 1990, qui interdisait la construction de nouvelles centrales nucléaires jusqu'en 2000 et approuvait le programme suisse intitulé "Energie 2000", les citoyens de la ville de Zürich se sont eux-mêmes imposés à travers le référendum de mars 1989 des mesures concrètes et innovantes et les ont mises en œuvre avec créativité et détermination. Depuis l'entrée en vigueur de ces décisions en juillet 1989, la ville de Zürich encourage l'utilisation rationnelle de l'électricité et de l'énergie, l'emploi d'énergies renouvelables ainsi que les travaux de recherche et de développement menés dans ce domaine.

En 1992 a suivi une décision du conseil municipal relative aux "objectifs de la politique énergétique" de la ville, qui prévoit un projet énergétique actif et coordonné. Ce projet a pour but de réduire les émissions de CO₂ et au moins de stabiliser la consommation d'électricité.

EXPERIENCE DE ZÜRICH

Un sondage effectué en juillet 1995 a montré qu'il existait une réelle demande d'électricité solaire de la part de la clientèle de l'"ewz", le fournisseur d'électricité de la ville de Zürich. 3.500 clients ont été interrogés pour savoir s'ils seraient prêts à utiliser de l'électricité solaire et à la payer un prix plus élevé. 270 des personnes interrogées, 7%, se sont montrées favorables à l'abonnement à l'électricité solaire planifié et ont déclaré vouloir acheter 72 kWh par an en moyenne. Il est impossible de déterminer s'il existe des divergences entre les opinions exprimées et la réalité, et quelle serait leur ampleur. Le deuxième facteur de motivation en faveur de la réalisation de la bourse solaire réside dans l'image de l'entreprise. L'"ewz" encourage l'utilisation d'énergies renouvelables, ce qui la place dans les objectifs de la politique énergétique de la ville de Zürich.



Depuis 1991, le "Fonds d'épargne pour l'électricité" apporte un soutien financier aux installations produisant de l'électricité à partir d'énergies renouvelables. Mais cela a peu d'influence sur la construction d'installations solaires dans une ville dominée par les logements locatifs. Un modèle a donc été développé pour permettre à la population d'encourager la construction d'installations même sans être propriétaire. Il existe également en Suisse un programme fédéral (Energie 2000) qui a fixé l'objectif d'une puissance installée de 50 MW_c pour l'énergie photovoltaïque. Cela représente pour la ville de Zürich un objectif de 2,4 MW_c jusqu'à la fin 2000. Fin 1999, des installations d'une puissance totale de 1,6 MW_c étaient déjà en place sur les toits dans la zone de distribution de l'"ewz".

Le concept

L'"ewz" achète de l'électricité solaire sur le marché libre et la propose à ses clients sans majorer le prix moyen de toutes les livraisons d'électricité solaire. L'"ewz" joue ainsi un rôle d'intermédiaire actif entre les fournisseurs de courant solaire d'une part et ses clients d'autre part.

L'offre

L'"ewz" offre aux fournisseurs intéressés une garantie d'achat de leur électricité solaire, qui leur assure un prix d'achat indexé pendant vingt ans. Des appels d'offres publics sont périodiquement lancés pour permettre par exemple aux urbanistes, aux propriétaires immobiliers, aux assurances, etc. de proposer de l'électricité solaire à des prix aussi intéressants que possible. Les fournisseurs financent leurs projets sur le marché financier ou à l'aide de leurs fonds propres et construisent et gèrent eux-mêmes les installations. La seule condition est que cette installation ne dépasse pas 100 kW_c et soit construite dans la zone de distribution de l'"ewz" (ville de Zürich, ville de Chur, communes du Mittelbünden). Ce sont les offres des fournisseurs présentant les prix les plus avantageux qui sont retenues. Pour assurer la qualité des installations, l'"ewz" émet des recommandations relatives aux conditions techniques que doivent remplir les installations.

Mais c'est avant tout dans l'intérêt du fournisseur d'avoir une installation en bon état de fonctionnement, car chaque arrêt de la production serait synonyme pour lui de pertes financières.

L'exemple du réaménagement du hall d'entrée d'un supermarché montre que les installations photovoltaïques ne sont pas obligatoirement purement fonctionnelles. Le toit vitré plat de 450 m² ne joue pas simplement un rôle de protection, il produit également de l'électricité. La plus grande installation photovoltaïque intégrée à du vitrage isolant à ce jour en Suisse a une puissance



supérieure à 30 kW. Ce toit solaire laisse passer la lumière mais apporte aussi de l'ombre. Les cellules solaires disposées sous forme de grille donnent naissance à un jeu d'ombres et de lumière qui rappelle les bazars arabes. Autre conséquence positive, du fait que l'installation photovoltaïque a été prise en compte dans le projet, la construction est architecturalement un succès et le prix de revient des installations solaires diminue.



La demande

La bourse solaire ne fonctionne qu'avec des clients qui achètent l'électricité solaire cinq fois plus chère que l'électricité traditionnelle. C'est pourquoi l'"ewz" cherche des clients prêts à couvrir une partie de leur consommation par de l'électricité solaire et à payer pour cela le prix moyen de toutes les livraisons. Depuis le 1/1/2000, cette moyenne est de 0,61 euro/kWh, mais ce prix devrait à l'avenir baisser face à l'expansion des volumes mis sur le marché. L'"ewz" prend les commandes d'électricité solaire sous forme d'abonnement. Il faut faire comprendre aux clients qu'ils ont une influence directe sur la construction de nouvelles installations dans la ville de Zürich ou dans les secteurs mentionnés du canton des Grisons. A travers un abonnement à l'électricité solaire, ils s'engagent par période d'un an, la commande restant valable jusqu'à sa résiliation. La quantité minimale d'achat est de 30 kWh/a.

Bilan de l'offre et de la demande

Si la demande d'électricité solaire dépasse l'offre, les attributions annuelles sont limitées jusqu'à ce que la demande puisse de nouveau être entièrement couverte par de nouvelles installations.

L'offre et la demande peuvent également être déséquilibrées à long terme par une baisse des engagements des clients dont le renouvellement est annuel alors que l'"ewz" s'est engagé sur vingt ans auprès des producteurs. Si, dans quelques années, le volume disponible sur le marché atteint la quantité visée d'environ 2 millions de kWh et si la demande diminue alors de 10 %, l'"ewz" aurait à supporter une perte de 120.000 euros pour un prix de l'électricité solaire de 0,61 euro/kWh. Une telle évolution semble cependant improbable car le prix de l'électricité solaire devrait diminuer en cas d'augmentation des volumes mis sur le marché, en raison de la diminution du coût de revient. Ceci devrait donc permettre de conquérir de nouveaux clients et de garder les clients existants.

Marketing de l'"ewz"



L'"ewz" effectue un marketing important et engagé en faveur de l'électricité solaire afin de faire connaître la bourse solaire et de sensibiliser la population. Les clients potentiels sont directement ou indirectement invités à participer au projet à travers les canaux les plus divers. L'"ewz" fournit des informations spécifiques, comme le magazine semestriel "Solarstrom-News", à sa clientèle existante afin d'augmenter sa transparence et donc sa crédibilité. En outre, les nouvelles installations sont inaugurées solennellement, ce qui constitue toujours une bonne occasion d'inviter la clientèle à visiter ses "propres" installations.

Citons à titre d'exemple quelques événements organisés en 1999 :

- > *Ironman Switzerland* : ce spectacle sportif comptant parmi les triathlons les plus importants du monde a utilisé le soleil comme source d'énergie. Un tiers des besoins en énergie a été couvert par la bourse solaire,
- > *Züricher KV-Fäscht* : cette super-fête a été entièrement organisée avec de l'électricité solaire.

Au cours de ces événements, l'"ewz" est toujours présente à un stand diffusant des informations sur la bourse solaire et les futurs clients peuvent souscrire leur abonnement directement sur place. En outre, tous les abonnés de l'"ewz" sont régulièrement contactés à travers des actions de mailing direct.

La clientèle en pleine expansion et le nombre croissant d'installations représentent un supplément de travail pour la comptabilité, les conseillers en énergie et les ingénieurs. L'infrastructure existante et le personnel y font face, cela permet aux employés d'acquérir un savoir-faire même si c'est lié à une surcharge de travail. Il s'est avéré qu'il fallait porter une attention toute particulière à la communication interne au cours de la phase initiale afin de motiver le personnel concerné par ces tâches supplémentaires. Le succès à long terme d'un tel modèle dépend fortement de l'engagement des employés et de son ancrage interne au plus haut niveau.



EVALUATION ET PERSPECTIVES

L'idée de bourse d'électricité solaire de l'"ewz" a eu un impact extrêmement positif sur le public, sur les politiques et sur les organisations environnementales. Depuis mai 1997, la population de la ville de Zürich peut commander de l'électricité solaire. Au début de l'année 2000, plus de 5700 personnes avaient profité de cette offre. Depuis le lancement du projet fin 1996, 42 installations étaient sous contrat jusqu'à fin 1999, avec une puissance installée d'environ 1,6 MW_c. 1999 a connu une véritable explosion alors que la puissance installée était plus que doublée. Le prix de l'électricité solaire a baissé de 20 % en trois ans en passant de 0,77 euro/kWh à 0,61 kWh. L'année 2001 devrait permettre de convaincre encore plus de PME et de gros clients d'adhérer à la bourse solaire. Jusqu'à présent, la demande dépasse l'offre, certains clients professionnels achètent jusqu'à 50.000 kWh par an. L'"ewz" est donc très optimiste et pense atteindre l'objectif du projet, un autre appel d'offres est prévu pour cette année.

En introduisant la bourse solaire, l'"ewz" joue un rôle de pionnier. Grâce à son immense succès, ce modèle intéresse le monde entier, même l'Australie. Cette performance a été largement reconnue à travers l'attribution du Prix solaire suisse et du Prix solaire européen en 1998. Depuis, l'"ewz" a fait de nombreux émules. Début 2000, déjà 80 sociétés distributrices proposaient de l'électricité solaire. 20.000 clients à travers la Suisse paient plus cher pour obtenir de l'électricité solaire. Pour la branche du solaire, cet engagement a constitué un important coup de pouce : près de 20 millions d'euros investis dans des installations, environ 2,5 MW_c de puissance installée.

POUR ALLER PLUS LOIN

ewz

Annina Müller
Tramstrasse. 35, CH 8050 Zürich
Tel.: +41 1 319 49 77
Fax: +41 1 319 41 70
E-mail : annina.mueller@ewz.stzh.ch
<http://www.ewz.ch>

Ont collaboré :

. du point de vue technique
. de la mise en page PAO

Peter SCHILKEN
Lise REMIOT



Energie-Cités - secrétariat

2, Chemin de Palente
F - 25000 Besançon
Tel + 33(0)3 81 65 36 80
Fax + 33(0)3 81 50 73 51
*@energie-cites.org

Energie-Cités - Bureau Bruxelles
29, Rue Paul Émile Janson
B - 1050 Bruxelles
Tel + 32(0)2 544 09 21
Fax + 32(0)2 544 15 81
energie-cites.bxl@euronet.be

<http://www.energie-cites.org>