



FONDS POUR L'ENVIRONNEMENT MONDIAL
POUR INVESTIR DANS NOTRE PLANÈTE

TRANSFERT DE **TECHNOLOGIES** ÉCOLOGIQUEMENT RATIONNELLES

ÉTUDES DE CAS EXTRAITES DU PORTEFEUILLE DE PROJETS
DU FEM SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE



AVANT-PROPOS





Dr. Naoko Ishii,
Directrice générale
et présidente
Fonds pour l'environnement
mondial

Le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) appuie le transfert de technologies afin d'aider les pays en développement et en transition à s'atteler aux enjeux environnementaux mondiaux. Le FEM est une importante source d'aide publique pour le financement du transfert de technologies écologiquement rationnelles (TER) contribuant à corriger les effets néfastes du changement climatique, et il a financé des activités à ce titre dans 168 pays en développement et en transition. Une fois menés à terme, les projets actuellement en portefeuille devraient permettre d'éviter l'émission directe de plus de 2 milliards de tonnes d'équivalent dioxyde de carbone (CO₂ eq), et environ 7 milliards de tonnes de CO₂ eq d'émissions indirectes, soit un total de quelque 9 milliards de tonnes, ce qui représente plus du double des émissions annuelles totales de CO₂ eq de l'Union européenne au cours des dernières années.

Les interventions appuyées par le FEM ont livré une multitude de connaissances et d'enseignements sur les transferts de technologies, et ont créé des conditions propices à l'expansion à grande échelle de concepts qui ont désormais fait leurs preuves. Le FEM est prêt à poursuivre l'action menée dans ce domaine et à accroître son rayonnement, d'autant qu'il est bien équipé pour le faire. Notre but est de travailler avec nos partenaires pour mettre au point des solutions innovantes, capables d'engendrer des mutations profondes, pour relever les défis posés par le changement climatique. Pour stimuler l'innovation, il est essentiel que nous partagions l'expérience acquise à l'occasion de transferts de technologies qui se sont révélées efficaces et durables.

Cette brochure fait partie d'une série de publications et d'actions de diffusion de l'information élaborées au titre du Programme stratégique de Poznan sur le transfert de technologies, qui a été créé en 2008 pour donner suite aux directives de la Conférence des parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Il appuie le transfert de technologies au moyen de trois guichets de financement axés sur : i) la réalisation d'évaluations des besoins technologiques ; ii) l'appui aux projets pilotes prioritaires qui en découlent ; et iii) la diffusion des expériences du FEM et des TER ayant fait leurs preuves. Le Programme stratégique de Poznan a pour objectif de favoriser l'expansion des investissements dans le transfert de technologies pour aider les pays en développement et en transition à faire face à leurs besoins en technologies écologiquement rationnelles, et développer les transferts de technologies en application de la Convention. Il a gagné en ampleur avec le Programme à long terme de transfert de technologies, qui a été présenté en 2010 à la Conférence de Cancun sur les changements climatiques, pour donner suite aux premières directives formulées en 2008 par la Conférence des parties.

Nous sommes heureux de partager les enseignements tirés des technologies et mécanismes clés que le FEM a financés jusqu'ici dans le domaine des énergies renouvelables, de la maîtrise de l'énergie, des transports écologiquement viables et des modes de financement innovants. Les études sur les autobus à piles à combustible, les concentrateurs d'énergie solaire et l'énergie éolienne sont quelques-uns des exemples qui illustrent comment l'aide du FEM stimule l'innovation dans les pays en développement et en transition. Le programme de fabrication de briques montre que le rendement énergétique peut être considérablement amélioré, et qu'il se prête bien à des transferts de technologies Sud-Sud qui en élargiront la portée. L'étude sur les financements innovants témoigne de l'utilité des instruments financiers dans la promotion des investissements en faveur du transfert de technologies.

J'espère que cette brochure contribuera à une connaissance plus pointue de l'action que nous menons pour favoriser les transferts de technologies, et qu'elle incitera les lecteurs à intensifier leurs efforts pour relever les défis posés par le changement climatique, en partenariat avec le FEM.



Évolution des politiques et de l'approche du FEM en matière de transfert de technologies

Introduction

Le transfert de technologies revêt une importance croissante pour l'efficacité de la riposte mondiale aux défis posés par le changement climatique et par l'état de l'environnement mondial. Le transfert de technologies écologiquement rationnelles (TER) appartient à la trame même de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)¹, ce que la création² et la mise en application³ du Mécanisme technologique sont encore venues confirmer.

Depuis la première réunion de la Conférence des parties à la CCNUCC, tenue en 1995, à Berlin (Allemagne), le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) tient lieu de mécanisme financier de la Convention. Il a donné suite aux directives de la Conférence des parties, dont beaucoup traitent du financement des TER. Il réexamine et modifie régulièrement son approche de l'appui au transfert de technologies, pour en améliorer l'efficacité à la lumière de l'évolution des besoins, des directives de la Conférence des parties et des possibilités de financement.

Cette brochure a pour objet de présenter les enseignements livrés par les projets de transfert de technologies que le FEM a financés dans le domaine des énergies renouvelables, de la maîtrise de l'énergie, des

Par biomasse, on entend les matières biologiques, notamment le bois, les plantes cultivées, et les déchets verts tels que les résidus agricoles et forestiers qui peuvent être utilisés pour produire de l'électricité ou de la chaleur.

- 1 La Convention dispose comme suit en son Article 4.5 : « Les pays développés parties et les autres Parties développées figurant à l'annexe II prennent toutes les mesures possibles en vue d'encourager, de faciliter et de financer, selon les besoins, le transfert de technologies et de savoir-faire écologiquement rationnels ou leur accès aux autres Parties, et plus particulièrement à celles d'entre elles qui sont des pays en développement, afin de leur permettre d'appliquer les dispositions de la Convention ».
- 2 À la seizième réunion de la Conférence des parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), tenue en décembre 2010, les Parties ont décidé, par la Décision 1/CP.16, d'établir un Mécanisme technologique, composé d'un Comité exécutif de la technologie (CET) et d'un Centre et Réseau des technologies climatiques (CRTC), et ont défini leurs fonctions respectives.
- 3 À la dix-septième réunion de la Conférence des parties tenue en décembre 2011, les Parties ont décidé de lancer un processus de sélection du pays hôte du Centre des technologies climatiques (CTC), afin que le Mécanisme technologique soit pleinement opérationnel en 2012.

transports écologiquement viables et des modes de financement innovants.

De la phase pilote (1991-1994) à FEM-1⁴ (1994-1998)

Pendant la phase pilote du FEM, de 1991 à 1994, les projets financés avaient principalement pour objet de montrer l'applicabilité de diverses technologies pour la stabilisation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre (GES). Après la restructuration du Fonds en 1994, le Conseil du FEM a approuvé une vaste stratégie opérationnelle ainsi qu'une stratégie propre au domaine d'intervention « changements climatiques » en vue de soutenir « des mesures durables, qui limitent le plus possible les dommages causés par les changements climatiques en réduisant le risque de tels changements ou leurs effets néfastes ». La stratégie prévoyait en outre que le FEM financerait « des activités convenues et acceptables d'encouragement, d'atténuation et d'adaptation dans les pays bénéficiaires répondant aux critères d'agrément. » (FEM 1995).

La stratégie prévoyait trois programmes d'opérations à long terme visant à soutenir les activités d'atténuation du changement climatique, et un autre programme à l'appui de mesures d'intervention immédiates d'un bon rapport coût-efficacité⁵. Les programmes à long terme encourageaient le transfert de technologies en finançant des interventions d'un bon rapport coût-efficacité et en sélectionnant les technologies en fonction de leur degré de maturité et de leur disponibilité sur le marché. Les plateformes-cadres et les projets à court terme étaient tous destinés à promouvoir l'action d'atténuation en privilégiant l'emploi de technologies commercialisées ou en passe de l'être, mais qui n'avaient pas encore été suffisamment diffusées dans les pays en développement ou en transition.

De FEM-2 (1998-2002) à FEM-3 (2002-2007)

Les programmes d'opérations du FEM ont ensuite abordé le transfert de technologies sous l'angle de la

ENCADRÉ A — DÉFINITION DU TRANSFERT DE TECHNOLOGIES

Bien qu'il existe plusieurs définitions du transfert de technologies, le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) a adopté celle arrêtée par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et reprise dans le cadre de la CCNUCC sur le transfert de technologies, à savoir :

« ... un vaste ensemble de processus qui englobent les échanges de savoir-faire, de données d'expérience et de matériel pour l'atténuation des changements climatiques et l'adaptation à ces changements et ce, parmi différentes parties prenantes telles que les gouvernements, les entités du secteur privé, les organismes financiers, les organisations non gouvernementales (ONG) et les établissements de recherche et d'enseignement... »

« ... Le terme large et global « transfert » comprend la diffusion de technologies et la coopération technologique entre pays et dans les pays. Il englobe les processus de transfert de technologies entre pays développés, pays en développement et pays à économie en transition. Il englobe le processus qui consiste à comprendre comment il faut apprendre, utiliser et reproduire la technologie, y compris la capacité de la choisir et de l'adapter aux conditions locales, ainsi que de l'intégrer aux technologies autochtones. »

Cette définition couvre une large gamme d'activités et s'applique à un vaste éventail d'institutions. La Conférence des parties a constitué le Groupe d'experts sur le transfert de technologies, sous l'égide de l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique (SBSTA), qui a défini un cadre d'activités concrètes et efficaces à l'appui du transfert de technologies autour des cinq axes suivants : évaluations des besoins technologiques ; information sur les technologies ; climat porteur ; renforcement des capacités ; et mécanismes de transfert de technologies.

4 FEM-1 est la première période de reconstitution des ressources de la Caisse du FEM, qui a fait suite à la phase pilote du Fonds. Les reconstitutions se sont ensuite succédées tous les quatre ans, et correspondent aux périodes FEM-2 à FEM-5.

5 Les projets de courte durée sont considérés comme très efficaces par rapport à leur coût de réduction des émissions qui est inférieur à 10 dollars/tonne de carbone évitée, soit environ 2,7 dollars/tonne d'équivalent dioxyde de carbone (CO₂ eq) évitée.

* Voir l'adresse : unfccc.int/essential_background/convention/convention_bodies/constituted_bodies/items/2581.php.

maîtrise de l'énergie et des technologies exploitant les énergies renouvelables qui étaient pleinement développées, disponibles sur le marché international et rentables, mais dont la diffusion était freinée par des contraintes humaines, institutionnelles, technologiques, structurelles ou financières. Les projets exécutés visaient à « supprimer les obstacles », car leur objectif premier était de lever ces entraves et de faciliter l'adoption de ces nouvelles pratiques et technologies.

Un autre programme d'opérations avait pour objectif de réduire les coûts à long terme des technologies de production d'électricité sobres en carbone. Les technologies retenues à cette fin (par exemple, les concentrateurs d'énergie solaire, la production intégrée d'électricité à partir de la biomasse dans des centrales à cycles combinés, les piles à combustible équipant des installations fixes et les microturbines) n'étaient pas encore disponibles sur le marché, et restaient très coûteuses par rapport aux moyens de production classiques. Par conséquent, leur cherté relative constituait en soi un obstacle à leur diffusion et à leur transfert à plus grande échelle.

En 2004, l'expérience acquise sur plusieurs années d'exécution et de suivi permit de conclure à l'efficacité de la stratégie opérationnelle du FEM pour éliminer les obstacles à l'adoption de technologies exploitant les énergies renouvelables et de technologies d'un haut rendement énergétique ; il restait à l'intégrer dans un système organisé. Cinq obstacles majeurs à l'exploitation commerciale plus large et plus efficace de ces technologies dans les pays en développement ou en transition ont donc été mis en évidence :

- **Politiques publiques** : l'État joue un rôle essentiel en encourageant l'adoption de politiques favorables à l'adoption de TER.
- **Technologies** : les technologies envisagées doivent être solides et opérationnelles ; il est plus facile de transférer des technologies qui ont fait leurs preuves.
- **Information et sensibilisation** : les acteurs nationaux, notamment économiques, doivent connaître l'existence de ces technologies, et être au fait de leur coût, de leurs utilisations et de leurs marchés.
- **Entreprises et prestation des services** : la préférence est accordée aux démarches fondées sur

le jeu du marché ; les entreprises et le cadre institutionnel nécessaires doivent être en place pour commercialiser la technologie et assurer le service après-vente, et

- **Accès aux moyens financiers** : le financement est nécessaire, mais non suffisant pour garantir le décollage des TER.

FEM-4 (2007-2010) et le Programme stratégique de Poznan sur le transfert de technologies

Dans le cadre de la reconstitution des ressources de FEM-4, la stratégie pour l'atténuation des effets du changement climatique a été révisée et recentrée sur six objectifs stratégiques qui comportaient tous un fort élément de transfert de technologies :

- Rendement énergétique dans les secteurs du bâtiment et des appareils d'équipement
- Rendement énergétique dans le secteur industriel
- Mécanismes de marché pour les énergies renouvelables
- Production écocpatible d'énergie à partir de la biomasse
- Promotion de modes de transport urbain innovants et viables
- Gestion des activités UTCATF (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie) pour préserver les puits de carbone et prévenir les émissions de GES.

L'expérience acquise par le Fonds jusqu'à FEM-4 dans le domaine du transfert de technologies avait permis les constats suivants qui ont informé la programmation ultérieure :

- Le marché étant le principal vecteur des transferts de technologies, il faut systématiquement lever les obstacles au libre jeu de ses mécanismes ;
- Le transfert de technologies n'est pas une activité ou une opération ponctuelle, mais un engagement dans



Entretien d'un système de refroidissement basse consommation fonctionnant sans hydrofluorocarbones, un projet pilote de transfert de technologies relevant du Programme de Poznan et réalisé en Fédération de Russie par l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI).

la durée pendant lequel les partenariats et la coopération, qui ont souvent besoin de temps pour mûrir et se développer, sont essentiels à la réussite de la mise au point, du transfert et de la diffusion des nouvelles technologies ; et,

- Ces transferts supposent une vision globale comprenant un renforcement des capacités à tous les niveaux voulus.

Ces observations furent riches d'enseignements pour l'élaboration du Programme stratégique de Poznan sur le transfert de technologies, mis au point pour donner suite à la Décision 4/CP.13 par laquelle la Conférence des parties à la CCNUCC, à sa treizième session, demandait au FEM de préparer un programme stratégique afin d'intensifier l'investissement dans le transfert de

technologies et d'aider ainsi les pays en développement à répondre à leurs besoins en TER. À sa quatorzième session, la Conférence des parties a accueilli avec satisfaction le Programme du FEM par sa Décision 2/CP.14. Le Programme stratégique de Poznan sur le transfert de technologies prévoit trois guichets de financement au sein du FEM en vue du transfert de technologies, à savoir :

- La réalisation d'évaluations des besoins technologiques (EBT)
- Les projets pilotes de transfert de technologies qui en découlent
- La diffusion des expériences du FEM et des TER ayant fait leurs preuves.

Le Programme stratégique de Poznan a été doté d'un budget de 50 millions de dollars, dont 35 millions de dollars proviennent de Caisse du FEM au titre de FEM-4, et 15 millions de dollars du Fonds spécial pour les changements climatiques (Fonds spécial).

FEM-5 (2010–2014)

Pendant FEM-5, les fonds alloués à l'atténuation du changement climatique atteignent environ 1,4 milliard de dollars, et la stratégie pour le domaine d'intervention « changements climatiques » privilégie davantage le transfert de technologies dans tous les projets du portefeuille.

L'élaboration de la stratégie de FEM-5 dans ce domaine d'intervention s'inspire de l'expérience passée et des trois principes suivants :

- Suite à donner aux directives reçues au titre de la Convention ;
- Prise en compte du contexte national des pays bénéficiaires ; et
- Rapport coût-efficacité de l'obtention d'effets positifs sur l'environnement mondial.

L'action engagée pendant FEM-5 vise à induire des changements aux effets transformateurs et à aider les pays bénéficiaires à s'orienter vers un développement sobre en carbone, en transformant le marché des technologies écologiquement rationnelles et sans incidence sur le climat, et en favorisant l'investissement dans ce secteur.

Pendant FEM-5, le portefeuille de projets du Fonds dans ce domaine continuera de promouvoir le cadre de transfert de technologies arrêté par la Conférence des parties, qui définit six objectifs clés :

- Promotion de la démonstration, de la mise en service et du transfert de technologies innovantes à faible intensité de carbone ;
- Promotion de la transformation du marché de la maîtrise de l'énergie dans le secteur de l'industrie et du bâtiment ;
- Promotion de l'investissement dans les technologies de mise en valeur des énergies renouvelables ;
- Promotion de transports et de systèmes urbains sobres en énergie et peu polluants ;

- Promotion de la préservation et de l'accroissement des stocks de carbone par la gestion rationnelle de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (secteur UTCATF) ; et
- Appui des activités habilitantes et du renforcement des capacités.

Le premier objectif se rapporte aux technologies innovantes introduites sur le marché à titre pilote ou sur le point d'être commercialisées, stade où elles doivent encore être soutenues. Les objectifs 2 à 5 ont trait aux technologies déjà commercialisées sur le marché national, mais dont l'adoption et la diffusion généralisées rencontrent des obstacles exigeant un soutien commercial. Le dernier objectif est consacré, en application de la CCNUCC, aux activités habilitantes et au renforcement des capacités essentielles au succès des transferts de technologies.

En décembre 2010, le FEM a présenté un Programme à long terme de transfert de technologies, à la seizième session de la Conférence des parties tenue à Cancun (Mexique), pour donner suite à sa Décision 2/CP.14. Le Fonds y proposait les éléments suivants en vue d'intensifier l'investissement en faveur des TER dans les pays en développement, conformément à la stratégie de FEM-5 dans le domaine d'intervention « changements climatiques », et de développer les activités de transfert de technologies en application de la Convention :

- Appui au Centre et Réseau des technologies climatiques ;
- Projets pilotes de transfert de technologies prioritaires pour promouvoir l'innovation et l'investissement ;
- Partenariats public-privé pour le transfert de technologies ;
- Réalisation d'évaluations des besoins technologiques (EBT) ; et,
- Rôle moteur du FEM à l'appui du transfert de technologies.

Le FEM a inscrit ces éléments dans sa stratégie pour FEM-5.

Pour résumer, les investissements du FEM dans le domaine d'intervention « changements climatiques » ont permis de promouvoir le transfert de technologies à tous les stades de développement, qu'il s'agisse de montrer l'applicabilité de technologies innovantes et émergentes peu polluantes, ou de diffuser des technologies et pratiques écologiquement rationnelles à la rentabilité avérée. Les investissements réalisés pendant FEM-5 s'inscriront dans cette continuité.

Plein phare sur les TER : Études de cas

Les investissements du FEM dans le transfert de technologies sont à l'origine d'une sensible réduction des émissions, mais aussi d'une mine de connaissances et d'enseignements qui viennent aujourd'hui éclairer les activités conduites dans ce domaine. Cette publication porte sur certaines des TER déjà financées par le FEM dans des secteurs tels que les énergies renouvelables, la maîtrise de l'énergie, les transports écologiquement viables et les modes de financement innovants. Elle présente les études de cas suivantes :

- Les concentrateurs solaires
- Les fours à brique à haut rendement énergétique
- L'éolien
- Les autobus à piles à combustible
- Les modèles de financement novateurs pour la maîtrise de l'énergie.

Ces études présentent le contexte de l'intervention, une description des projets et des technologies appliquées, ainsi que les résultats et les réalisations. La dernière partie de la publication vise à éclairer les opérations futures en mettant en lumière les caractéristiques communes des projets de transfert de technologies couronnés de succès.

Le parc d'éoliennes La Venta II de la CFE (Comisión Federal de Electricidad), à Oaxaca, au Mexique.



Le thermique solaire en Égypte

Introduction

Les centrales thermiques solaires utilisent des capteurs d'énergie solaire renouvelable pour produire de l'électricité. Dans les régions très ensoleillées, au ciel généralement dégagé, et raccordées à des lignes haute tension, les concentrateurs solaires peuvent offrir un approvisionnement électrique fiable, pouvant être réparti selon les besoins, du fait de leur capacité de stockage de la chaleur.

Ces technologies ont fait leurs preuves et sont déjà commercialisées sur les marchés de pays avancés tels que les États-Unis et l'Espagne. Les projets de centrales thermiques solaires du FEM ont fait beaucoup pour prouver l'applicabilité et la viabilité de ces technologies dans les pays en développement, et pour favoriser une meilleure connaissance des coûts, des avantages et des risques qui sont autant d'éléments essentiels à la réussite des transferts de technologies.

En 1996, le Groupe consultatif pour la science et la technologie a recommandé de soutenir le thermique solaire pour plusieurs raisons : sa disponibilité, son coût qui devrait continuer de baisser, et ses possibilités d'application à grande échelle et efficaces en termes de coût pour assurer la charge de base dans des pays caractérisés par un fort rayonnement solaire et une demande d'électricité croissante. Depuis cette époque, le FEM finance le thermique solaire dans quatre pays :

- Égypte : Projet de centrale solaire intégrée à cycles combinés d'Al Kuraymat, avec la Banque mondiale ;
- Mexique : Centrale solaire hybride d'Agua Prieta, avec la Banque mondiale ;
- Maroc : Projet de centrale solaire intégrée à cycles combinés d'Ain Beni Matar, avec la Banque mondiale ; et

Les miroirs cylindro-paraboliques se composent d'un réflecteur qui suit la course du soleil sur un axe unique et concentre la lumière dans un tube rempli d'un fluide caloporteur, choisi pour ses propriétés de gestion thermique. Le fluide est chauffé à une température de 150 à 400°C, puis pompé à travers des échangeurs de chaleur pour produire de la vapeur et alimenter ainsi un cycle de production d'électricité.

- Namibie : Le thermique solaire pour produire de l'électricité, avec le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD).

L'investissement total du FEM dans ces projets représente quelque 144 millions de dollars et a permis de mobiliser environ 314 millions de dollars de cofinancement. Ces opérations constituent une part importante de son portefeuille de projets de mise en valeur des énergies renouvelables ; une fois achevées, elles fourniront aux pays concernés une forte capacité de distribution d'électricité propre.

Le transfert de technologies dans le cadre de ces projets du FEM sur le thermique solaire a chaque fois été le fruit de la réflexion des développeurs, fournisseurs, compagnies d'électricité, organismes prêteurs et services publics qui ont appris à mieux connaître les coûts, les avantages et les risques liés à cette technologie. Les projets visent aussi à intervenir au niveau des technologies, du marché et des politiques publiques pour lever les principaux obstacles à une plus large adoption de cette technologie. Ils privilégient les systèmes hybrides ou intégrés associant le solaire aux technologies classiques de production d'électricité à partir de combustibles fossiles, bien que le choix ne soit pas encore arrêté dans le cas du projet en Namibie.

Description de la technologie

Les centrales solaires thermiques produisent de l'électricité en captant le rayonnement solaire pour chauffer un fluide caloporteur et générer ainsi de la vapeur qui va entraîner des moteurs ou turbines en vue de la production d'électricité. Quatre types de technologies solaires sont actuellement employés pour produire de la chaleur : les capteurs cylindro-paraboliques réfléchissants (comme à Al Kuraymat), le système à parabole Dish-Stirling, les réflecteurs à miroirs linéaires de Fresnel, et les centrales solaires à tours. Chacune de ces technologies permet de produire de l'énergie thermique à haute température.

Les miroirs cylindro-paraboliques se composent d'un réflecteur qui suit la course du soleil sur un axe unique et concentre la lumière dans un tube rempli d'un fluide caloporteur, choisi pour ses propriétés de gestion thermique. Le fluide est chauffé à une température de 150 à 400°C, puis pompé à travers des échangeurs de chaleur pour produire de la vapeur et alimenter ainsi un cycle de production d'électricité.

Les technologies solaires intégrées à cycles combinés — qui associent le thermique solaire aux procédés classiques de production d'électricité — comptent parmi celles qui ont le meilleur rapport coût-efficacité et se prêtent bien à un transfert. Elles permettent de répartir l'électricité même en l'absence de rayonnement solaire, sans nécessiter de stockage thermique, et donc de fonctionner comme une centrale de base.

Les centrales thermosolaires intégrées à cycles combinés utilisant des capteurs cylindro-paraboliques sont maintenant prêtes à être commercialement exploitées, et peuvent produire de l'électricité à un coût de 0,20 dollar/kWh, voire moins, en fonction de leur taille, de leur emplacement, et des mesures d'incitation proposées.

D'après le Laboratoire national des énergies renouvelables (NREL) des États-Unis, on compte dans le monde 53 projets de centrales thermiques solaires, à différents stades de construction, utilisant des miroirs cylindro-paraboliques⁵. La plupart reposent sur les cycles vapeurs, dits de Rankine ; seules quelques-unes exploitent des systèmes solaires intégrés à cycles combinés dont l'applicabilité n'a pas été aussi bien démontrée que celle des autres centrales thermosolaires (Banque mondiale 2006). Ce manque de recul est source de risques pour les utilisateurs potentiels qui doivent faire des choix en ce qui concerne la part du solaire et des énergies fossiles, et le rôle du stockage thermique dans l'exploitation, les coûts et le rendement énergétique global des projets. Le choix du modèle commercial retenu pour le montage des projets pose également d'autres questions, tout comme les avantages respectifs d'une livraison du projet « clés en main » ou du recours à différents fournisseurs pour les systèmes solaires et classiques, les sous-systèmes et leurs composantes.

5 Pour une liste de ces projets, voir : http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/parabolic_trough.cfm.

Description du projet

Les premiers travaux de planification et les études de faisabilité en vue de l'installation de concentrateurs solaires en Égypte ont débuté il y a plus de dix ans, pour finalement aboutir à la sélection du site d'Al Kuraymat pour les raisons suivantes :

- Proximité d'un grand centre de consommation électrique (Le Caire, à environ 90 km au sud) ;
- Fort rayonnement solaire et situation en plaine ;
- Proximité de réserves d'eau et de gaz naturel ; et,
- Accès à un système de transmission électrique de 550, 200 et 66 kilovolts.

Le projet d'Al Kuraymat a été exécuté par un organisme égyptien, l'Agence pour les énergies nouvelles et renouvelables (NREA), avec un cofinancement de la Banque de coopération internationale du Japon.

Il comprend deux zones : l'îlot cycles combinés (turbines alimentées au gaz naturel) et l'îlot solaire. Les fournisseurs ont été sélectionnés à l'issue d'un appel d'offres. Le marché de l'îlot cycles combinés a été attribué à Iberdrola Ingeniería y Construcción, celui de l'îlot solaire étant remporté par ORASCOM Construction Industries. La construction a démarré en 2008, et a pris fin en 2011. Le projet a atteint son objectif, la centrale étant désormais opérationnelle. Elle a une capacité de production globale d'environ 126 MW, dont quelque 20 MW d'origine solaire. L'énergie solaire vient partiellement remplacer les combustibles fossiles, ce qui permet de réduire les émissions de GES⁶.

L'îlot solaire d'Al Kuraymat est un champ de miroirs cylindro-paraboliques d'une superficie totale d'environ 130 800 m². Il devrait produire de l'énergie thermique à une température de quelque 390°C. L'îlot cycles combinés consiste en une turbine à gaz de 74 MW, un générateur de vapeur à récupération de chaleur de 59 MW et un échangeur de chaleur solaire. Le projet d'Al Kuraymat ne prévoit pas de stockage thermique, et fait

appel à des fournisseurs différents pour la composante solaire et la composante combustibles fossiles.

Le projet vise les objectifs suivants :

- Établir la viabilité d'une production rentable d'au moins 20 MW par le thermique solaire au moyen de la centrale thermosolaire intégrée à cycles combinés, et réduire parallèlement les émissions de GES ;
- Servir de projet témoin pour l'intégration d'une centrale thermique solaire dans le réseau électrique et pour la fourniture d'électricité aux centres de consommation du pays ;
- Faire la preuve de la bonne gestion du projet et montrer la viabilité du processus technique en vue de sa transposition dans d'autres régions en Égypte et ailleurs ; et,
- Développer le savoir-faire dans le thermique solaire et placer l'Égypte en position de développeur de systèmes d'énergie solaire pour le transfert international de technologies (FEM 2012c).

Résultats et réalisations

Les avantages du projet d'Al Kuraymat par rapport aux centrales classiques à cycles combinés et turbine à gaz devraient être une plus forte production d'électricité renouvelable, de l'ordre de 80-85 GWh/an, et une réduction des émissions de CO₂ d'environ 149 975 tonnes sur la durée de vie du projet (FEM 2012c).

La réussite d'un transfert de technologies thermosolaires intégrées à cycles combinés dépend de plusieurs facteurs, dont un emplacement propice avec accès à l'eau et au gaz naturel, des politiques publiques porteuses, un mode de financement solide et un accès économique au réseau de transmission pour livrer l'électricité sur le marché. NREA, le concepteur du projet d'Al Kuraymat, a fait savoir qu'il entendait, à plus long terme, installer de nouvelles centrales thermosolaires à cycles combinés en Égypte, comme dans d'autres pays

⁶ Voir le site : <http://www.menarec.org/resources/Kuraymat-E-+Nov.2007-CU.pdf>

⁷ Pour de plus amples informations, voir le site : <http://www.menarec.org/resources/Kuraymat-E-+Nov.2007-CU.pdf>

et régions. L'Agence a ainsi l'intention d'installer environ 750 MW de capacité de production thermosolaire d'ici 2020, dans divers endroits du monde, en se fondant sur l'expérience acquise à Al Kuraymat⁷. Cependant, il faudra préalablement localiser de nouveaux lieux d'implantation, concevoir les projets, choisir les sites, réunir les financements, et s'assurer du soutien local nécessaire en adoptant les politiques, réglementations et mesures d'incitation voulues. L'accès au réseau électrique et la mise en place d'accords de longue durée pour l'achat d'énergie seront des éléments importants contribuant au succès de l'exécution des projets.

Le projet d'Al Kuraymat livre de précieuses informations sur les coûts, les risques, les performances techniques et les éléments nécessaires à la réussite des modèles de commercialisation des systèmes thermosolaires intégrés à cycle combiné. Ces informations sont d'une importance capitale pour les administrations publiques, les fournisseurs, les développeurs, les organismes de financement et les compagnies d'électricité désireux de

lancer de nouveaux projets, sous réserve de la localisation de sites adaptés, avec accès au réseau. Le projet d'Al Kuraymat confirme plusieurs hypothèses clés pour la réussite du transfert de technologies thermosolaires intégrées à cycles combinés :

- Ces technologies sont parvenues à un stade de maturité relative, et leur coût continuera de baisser indépendamment de nouvelles avancées scientifiques et techniques ;
- Elles permettent de produire de l'électricité même en l'absence de soleil, et n'exigent donc pas de stocker l'énergie ou de mettre en place des stratégies spéciales d'intégration au réseau, deux aspects qui ajoutent au coût et à la complexité des projets ;
- Elles peuvent équiper de grandes centrales de base, pour le marché du transport électrique de masse, ou des installations plus modestes, en vue d'applications décentralisées ; et,

L'îlot solaire d'Al Kuraymat est un champ de miroirs cylindro-paraboliques d'une superficie totale d'environ 130 800 m². Il devrait produire de l'énergie thermique à une température de quelque 390°C.



- Il existe, dans les pays et régions en développement du monde, de nombreux sites présentant des conditions propices telles qu'un fort rayonnement solaire, un terrain assez plat et l'accès à des sources d'eau et de gaz naturel.

Pour tirer parti des possibilités de transfert de technologies, il faut tenir compte de plusieurs enseignements d'une importance capitale pour la bonne transposition des pratiques qui ont déjà fait leurs preuves, à savoir :

- Il est important que le modèle commercial du projet soit défini d'emblée pour éviter les retards. Ceci signifie en clair que si le projet n'est pas réalisé par les pouvoirs publics, mais majoritairement exécuté au moyen de fonds privés, il faut prévoir d'entrée de jeu le rôle et la contribution de l'administration nationale et des collectivités locales.
- Le processus de mise en concurrence pour la conception et la réalisation du projet doit être conçu de manière à attirer des offres de qualité de la part d'entreprises reconnues, et prévoir des stratégies de sortie flexibles pour le cas où les objectifs d'étape ne sont pas atteints.

- Ces projets doivent être réalisés dans des pays ayant adopté les politiques d'accompagnement nécessaires, telles que les obligations d'achat pour la production d'électricité renouvelable, les normes applicables aux portefeuilles d'énergies renouvelables, la fiscalité des investissements, les crédits à la production et d'autres types d'incitations visant à rendre les projets plus attractifs au plan financier.

- Il est important d'associer les compagnies d'électricité locales ou nationales aux projets pour minimiser les risques techniques, rendre les projets plus séduisants au plan financier, s'assurer de l'accès et de l'intégration au réseau, et de veiller à l'existence d'un accord d'achat d'électricité de longue durée.

Le FEM continuera de s'intéresser aux projets d'un bon rapport coût-efficacité inspirés des enseignements tirés du projet d'Al Kuraymat et d'autres centrales thermiques solaires. L'aide du Fonds prendra tout son sens dans les pays confrontés à une poussée de la demande d'électricité qui cherchent à se doter de technologies d'approvisionnement électrique plus sobres en carbone que les centrales à combustibles fossiles.



Des fours à brique à haut rendement énergétique pour le Bangladesh

Introduction

Le FEM est devenu l'une des premières sources mondiales de financement public de la maîtrise de l'énergie, ayant investi plus de 1,22 milliard de dollars dans 230 projets et dans plus de 130 pays. Ces investissements ont permis de mobiliser 10,9 milliards de dollars de cofinancement. Le FEM a concentré ses investissements sur les projets axés sur les technologies, les politiques publiques et les obstacles liés aux marchés, notamment en encourageant l'adoption de mesures et réglementations plus favorables comme les normes de rendement énergétique et l'étiquetage des appareils, le conditionnement du marché à l'aide des instruments financiers voulus, et le transfert de technologies pour montrer la viabilité de différents appareils et équipements. Le tableau 1 retrace l'historique des investissements du FEM dans la maîtrise de l'énergie, un domaine où son portefeuille de projets n'a cessé de grossir à chaque cycle de refinancement. Les projets dans ce secteur devraient tenir une large place dans la reconstitution des ressources pour FEM-5 (2010-2014).

La fabrication de briques est chose commune dans les zones rurales d'Asie où la matière première est disponible partout, et où la demande de matériaux de construction continue de croître. Une fois mélangée à l'eau, l'argile est moulée en briques qui sont ensuite séchées et cuites au four.

TABLEAU 1 ÉVOLUTION DES FINANCEMENTS DU FEM DANS LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE*

Phase	Nombre de projets	Financement du FEM (USD M)	Cofinancement (USD M)
Phase pilote du FEM (1991–1994)	7	33,3	341,2
FEM-1 (1994–1998)	18	139,8	640,3
FEM-2 (1998–2002)	36	196,7	1 473,1
FEM-3 (2002–2006)	42	265,1	1 745,4
FEM-4 (2006–2010)	99	421,9	3 211,3
FEM-5 (2010–2012) ^a	28	159,5	3 462,8
Total	230	1 216,5	10 874,0

a Les chiffres indiqués pour FEM-5 ne couvrent que la moitié de la période de refinancement (2010–2014).

* Les chiffres présentés dans ce tableau se rapportent à l'ensemble des projets ayant un volet de maîtrise de l'énergie, à savoir 178 projets indépendants réalisés dans ce domaine, pour un financement de 1,1 milliard de dollars et un cofinancement de 8,5 milliard de dollars, et 52 autres projets bénéficiant d'un financement du FEM à la maîtrise de l'énergie d'un montant de 144,9 milliards de dollars qui ont permis de mobiliser 2,3 milliards de dollars de cofinancement.

Les projets financés par le FEM à l'appui d'une meilleure maîtrise de l'énergie sont réalisés en zones urbaines et rurales. Le FEM peut ainsi s'attaquer aux pressions exercées par l'urbanisation en finançant des projets locaux permettant aux populations rurales de réaliser des économies d'énergie tout en améliorant leurs revenus. La fabrication de briques est l'une des grandes activités visées pour la maîtrise de l'énergie en zone rurale. Dans de nombreux pays en développement, le secteur du bâtiment et des travaux publics est en pleine expansion, et la demande de briques et autres matériaux de construction s'envole. Dans les campagnes, les briqueteries classiques pourraient avoir du mal à faire face à la demande, d'autant qu'elles sont confrontées à différents problèmes de qualité technique, tels que :

- La qualité des produits. Il s'agit d'améliorer les propriétés thermiques et l'humidité des produits pour les mettre en conformité avec les codes et normes de construction en cours de révision dans le monde entier pour améliorer le rendement énergétique et assurer la protection contre les incendies, les dégâts des eaux et les séismes ; et,

- L'énergie et les coûts. La fabrication artisanale de briques consomme au moins trois à cinq fois plus d'énergie que les briqueteries industrielles modernes ; il est donc essentiel d'améliorer le rendement énergétique des installations pour que les produits deviennent compétitifs.

Afin de répondre à ces besoins, le FEM a pris la tête d'un effort mondial visant à améliorer le rendement énergétique des fours à briques, et a investi dans des projets en Chine, en Inde, au Viet Nam et au Bangladesh. Ces projets ont été mutuellement bénéfiques grâce à la mise en commun des enseignements tirés des technologies utilisées, du travail de renforcement des capacités et des stratégies de commercialisation appliquées. Le projet réalisé au Bangladesh est le plus récent exemple de la réussite d'un transfert de technologies Sud-Sud. Le FEM continuera de travailler avec les organisations partenaires pour promouvoir une recherche constante de maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment. Il encourage par exemple le transfert des technologies de fabrication de briques crues qui peuvent être plus résistantes et bien moins énergivores que les briques cuites classiques.

Description du projet

Le projet exécuté au Bangladesh s'étend sur la période 2009-2014. Le FEM y a investi trois millions de dollars qui ont contribué à mobiliser 11,1 millions de dollars de cofinancement. Menée en partenariat avec le PNUD, cette opération a pour objet de supprimer les obstacles à l'adoption généralisée de fours à haut rendement et de pratiques de maîtrise de l'énergie dans le secteur de la fabrication de briques, et de favoriser une baisse de la consommation des combustibles fossiles et de la biomasse ainsi qu'une réduction des émissions de GES et de la pollution atmosphérique locale. Il mettra à profit les résultats de la phase pilote, durant laquelle un four à haut rendement sera installé à des fins de démonstration, et les appliquera dans 15 autres sites pilotes sur une période de cinq ans.

Le projet appuie un ensemble intégré de composantes :

- Reconfirmation de toutes les solutions technologiques ;
- Mise en place de projets témoins ;
- Développement des capacités techniques et des capacités de gestion ;
- Communication et sensibilisation ;
- Appui financier ;

- Soutien des politiques publiques et des institutions ; et,

- Appui à la gestion du projet.

Il a pour but de transformer le secteur de la fabrication de briques en montrant que les fours hybrides Hoffman (HHK) ont un rendement énergétique supérieur, une technologie qui a déjà fait ses preuves dans le cadre d'un autre projet financé par le FEM en Chine. La suppression des obstacles à l'adoption des fours Hoffman permettra de réduire les émissions de GES et de divers polluants, tout en améliorant sensiblement la rentabilité des petites et moyennes entreprises (PME) qui prédominent dans ce secteur au Bangladesh.

En 2005, des représentants de l'Université d'ingénierie et de technologie (BUET) et de l'Association des briquetiers et des propriétaires de briqueterie du Bangladesh ont visité l'Institut de recherche et de conception des matériaux de construction des murs et des toitures, à Xian, en Chine. Ce voyage d'étude avait pour objet d'évaluer les technologies chinoises de fabrication de briques et de visiter des briqueteries en activité. Il a confirmé que les techniques chinoises et les fours hybrides Hoffman pouvaient être adaptés et introduits au Bangladesh. Les briques ramenées de Chine ont été testées par le BUET, et jugées de qualité supérieure à celles produites au Bangladesh à partir d'argiles de meilleure qualité.

Avec l'aide du FEM, la fabrique de briques creuses de Liucun, dans la province chinoise du Shaanxi, représentée ici et à la page suivante, a construit ce four à haut rendement énergétique. Cette technologie a été introduite dans de nombreux villages du Shaanxi, et elle est désormais adoptée par des briqueteries du Bangladesh.

Description de la technologie

D'après les estimations, le Bangladesh produit chaque année plus de 12 milliards de briques, ce qui représente une valeur de revente de l'ordre de 450 millions de dollars, soit presque 1 % du produit intérieur brut du Bangladesh. La demande a régulièrement augmenté au cours des dix dernières années, avec des taux de croissance annuelle de 8,1 % à 8,9 %. La fabrication de briques est la première source stationnaire de pollution atmosphérique locale et d'émissions de GES, compte tenu de la consommation massive et inefficace de charbon et de biomasse dans les fours à briques. Selon une étude de la BUET, ce secteur est le plus gros consommateur de charbon du pays, avec quelque 2,2 millions de tonnes employées chaque année, auxquelles il faut ajouter environ 1,2 million de tonnes de biomasse. Les émissions annuelles de carbone seraient de l'ordre de trois millions de tonnes. Au Bangladesh, cette filière est localement présentée comme une activité saisonnière reposant sur des technologies dépassées, et caractérisée par une faible productivité de la main-d'œuvre, une absence de capitalisation et un mode de gestion informel.

Au Bangladesh, les PME sont majoritaires dans ce secteur, et le pays ne compte que quelques rares coopératives ou fabriques de taille industrielle. La plupart des briqueteries sont implantées sur des terres

louées à bail, sans installations permanentes. Étant donné cette situation et le caractère saisonnier de la production, la fabrication de briques est une activité itinérante. Une briqueterie moyenne emploie environ 120 ouvriers qualifiés et non qualifiés et, mis à part six à dix employés permanents, la plupart des travailleurs ne sont recrutés que pour les six mois de la période de production.

Les briques sont principalement fabriquées avec de l'argile. L'argile est d'abord mélangée avec de l'eau, puis moulée en forme de briques qui sont ensuite séchées et cuites. À la cuisson, les particules d'argile fondent et s'agglomèrent pour former un liant céramique. Selon le type d'argile, cette fusion intervient à des températures situées entre 900 et 1 200°C. Le liant donne aux briques leur solidité et leur résistance à l'érosion hydrique. La température de cuisson est d'une importance capitale. Si elle est trop basse, l'agglomération des particules se fait mal, et on obtient un produit de qualité médiocre. Si elle est trop élevée, la brique s'affaisse ou fond. Le combustible ayant un coût important, il est essentiel d'en tirer un bon rendement.

Les briqueteries traditionnelles du Bangladesh utilisent principalement trois technologies. Les fours à cheminée fixe (FCK) sont les plus courants, suivis par les fours tranchée de type Bull (BTK), les fours zigzag et les fours à gaz Hoffman. D'après une étude de 2006 réalisée par





Visite de briquetteries chinoises par des chercheurs et des briquetiers bangladais en vue de l'évaluation des techniques chinoises de fabrication.

la BUET pour le PNUD, il existe dans le pays environ 4 140 fours FCK homologués (il s'agit en fait de fours BTK modifiés, comme on le verra plus bas) qui détiennent la plus grosse part du marché, avec 76 %.

Grosse consommatrice d'énergie, la fabrication de briques au Bangladesh génère d'importantes émissions de carbone. Avant 2004, environ 95 % des fours utilisés dans le pays étaient de type BTK, une technologie vieille de 150 ans. Comme son nom l'indique, le four se compose essentiellement d'une tranchée creusée dans le sol, coiffée par une superstructure grossière qui sert d'enceinte pour la cuisson des briques. Les pertes de chaleur à travers les parois du four sont massives et la combustion incontrôlée de charbon génère d'importantes émissions à l'échelon local. Suite à l'arrêt gouvernemental de 2004 imposant de porter la hauteur des cheminées industrielles à 36,6 mètres, les fours BTK ont été modifiés et équipés de cheminées plus hautes et de conduites souterraines destinées à acheminer les gaz de combustion vers la cheminée fixe, ce qui imposait d'élargir la base de la structure. Plus haute, la cheminée a un meilleur tirage, d'où une légère amélioration de la combustion ; les gaz de combustion sont également relâchés plus haut, ce qui disperse la pollution sur de plus

grandes distances. Ce « nouveau » système est donc à l'origine du four FCK, qui n'est pour l'essentiel qu'un four BTK équipé d'une cheminée fixe, avec un rendement énergétique légèrement supérieur.

Le four HHK suppose une structure permanente ; c'est une version hybride d'un four moins courant, le four à gaz de Hoffman (GHK). D'un point de vue structurel, il s'agit du même four, si ce n'est qu'il est alimenté au charbon. Son revêtement intérieur est constitué de briques réfractaires enduites de ciment réfractaire. Les briques crues peuvent être chargées manuellement ou automatiquement dans la chambre de cuisson qui peut généralement contenir entre cinq et six mille briques, empilées par rangées d'un millier d'unités environ. Il faut compter environ trente minutes de cuisson par rangée. Le four est alimenté au charbon en grain qui est chargé dans le foyer par des trous d'alimentation aménagés sur la voûte du four. L'air nécessaire à la combustion est forcé depuis l'arrière du four. Lorsqu'il atteint la rangée de briques à cuire, il est déjà préchauffé du fait de son passage sur la précédente zone de cuisson, ce qui réduit le temps de cuisson et la consommation d'énergie. Dans la zone de frittage, la température peut monter jusqu'à 1 800°C.

Outre que les fours HHK ont un meilleur rendement énergétique, une technique communément utilisée en Chine est d'injecter du charbon dans les briques crues, ce qui améliore la liaison thermique, réduit la consommation de combustibles, et donc les émissions de dioxyde de carbone et autres polluants. L'argile est mélangée avec du charbon en grain avant la phase d'extrusion qui permet d'obtenir les briques crues. C'est un procédé unique qui joue un rôle fondamental dans le rendement énergétique de la fabrication de briques en Chine. Quasiment 80 % du volume total d'énergie nécessaire sont injectés dans les briques, et seulement quelque 20 % du combustible sert à alimenter le foyer. Durant la cuisson, la combustion s'opère dans plus de 95 % du charbon mélangé aux briques. Cette technique n'a pas été employée au Bangladesh, mais sera appliquée dans le cadre du projet témoin.

Ces briqueteries sont équipées d'un four HHK d'environ 18 mètres de long, sur 15 mètres de large et quatre mètres de haut, avec 18 portes, mais pas de cheminée. Elles nécessitent 160 à 200 ares de terrain et 88 ouvriers, pour une production annuelle d'environ 15 millions de briques.

Résultats et réalisations

L'installation de 16 fours témoins au Bangladesh devrait permettre d'économiser quelque 15 415 térajoules, ce qui représente environ 525 kilotonnes de charbon. Cette baisse de consommation énergétique devrait entraîner une réduction des émissions de 1,32 million de tonnes de CO₂ eq pendant la durée de vie des fours qui est estimée à 15 ans.

Le projet du FEM viendra renforcer les compétences techniques des PME du pays et leur capacité à gérer les opérations de fours à haut rendement ; il contribuera à créer une réserve de consultants pour le soutien technique, de sociétés de service, d'instituts techniques et de fournisseurs locaux de matériel à des prix abordables. À cet effet, le projet s'attachera à développer la formation, fondée sur des manuels de formation complets et normalisés, à mobiliser l'investissement local dans le secteur manufacturier afin de promouvoir la production d'appareils à haut rendement énergétique, et à favoriser la constitution de nouveaux groupes de soutien industriel. Si l'on considère qu'un four HHK équivaut grosso modo à 7,5 fours FCK en termes de

production annuelle de briques (15 millions pour le premier contre deux millions pour le second), les 16 fours témoins produiront autant que 120 fours FCK, soit 2,1 % de la part de marché des 5 454 briqueteries à four FCK prévus au Bangladesh d'ici 2014.

La technologie des fours HHK offre nombre d'avantages mesurables. Les fours ont un rendement énergétique supérieur en raison de leur meilleure isolation, ce qui limite les pertes de chaleur, de l'utilisation de l'énergie résiduelle pour le séchage des briques crues, et du meilleur contrôle des flux d'air à l'intérieur du four. Au plan environnemental, les avantages sont nombreux : réduction des fumées, des suies et autres formes de pollution atmosphérique, réduction de la dégradation des sols par suite de l'utilisation de l'argile de rivière et des argiles de moindre qualité, baisse de la consommation d'eau, moindre consommation de bois et autres types de biomasse utilisés comme combustible, et réduction des émissions de GES. La moindre consommation d'énergie et de charbon entraîne également une baisse du coût de revient des briques. Par ailleurs, les progrès de la mécanisation dans ces fours à haut rendement énergétique conduisent à une productivité accrue de la main-d'œuvre, ce qui permet aux exploitants d'offrir de meilleurs salaires. La mécanisation améliore les conditions de travail et la sécurité des ouvriers en réduisant le volume de travail manuel qui est une source de risque. Du point de vue des travailleurs, des possibilités d'emploi existeront désormais tout au long de l'année, ce qui contribue à la stabilité des ménages et à l'amélioration du niveau de vie. Enfin, les briques produites seront plus solides, de meilleure qualité, et plus régulières en forme et en taille.

Parallèlement à l'expérience acquise, tous ces avantages permettent d'envisager une expansion de la part du marché des briqueteries à four HHK. La fabrication de briques se heurte à des problèmes très semblables dans l'ensemble de l'Asie et de l'Asie du Sud-Est, et les fours HHK et autres fours à haut rendement énergétique offrent des avantages significatifs de ce point de vue. Ces fours reviennent toutefois plus cher que les fours traditionnels, tant à la construction qu'à l'exploitation. Comme le Bangladesh, l'Inde, le Viet Nam et la Chine, les autres pays de ces régions doivent s'attaquer aux problèmes énergétiques et environnementaux que posent les fours traditionnels inefficaces et polluants. On peut s'attendre à une poursuite des transferts de technologies efficaces de fabrication de briques, telles



Une briqueterie au Bangladesh

que les fours HHK, du fait de l'élimination constante des contraintes liées ou non au marché, de la sensibilisation croissante des briquetiers locaux, et de la prise de conscience des retombées multiples sur la société tout entière, de la part des collectivités locales et des administrations nationales.



Développement et application de l'éolien au Mexique

Introduction

L'éolien compte parmi les technologies de production électrique qui connaissent aujourd'hui la plus rapide expansion. À la fin de 2011, la puissance éolienne installée avait atteint 197 gigawatts (GW), dont 3,6 GW ajoutés durant la seule année 2010. Pour cette même année, l'énergie éolienne affichait une croissance de 23,6 %, soit le taux le plus faible enregistré depuis 2004. À la fin de 2010, les turbines éoliennes installées dans le monde avaient une production conjuguée supérieure à la demande totale d'électricité du Royaume-Uni, soit l'équivalent de 2,5 % de la consommation énergétique mondiale. Cette croissance s'explique notamment par les régulières avancées technologiques qui ont contribué à la baisse des coûts de l'énergie éolienne. Néanmoins, son intégration au réseau rencontre encore des obstacles techniques et institutionnels, et sa production intermittente pose problème compte tenu des pratiques traditionnelles de planification et d'exploitation du réseau de distribution d'électricité. Dans les pays où l'énergie éolienne a connu un développement notable, on a pu prouver qu'il existe des remèdes à ces difficultés, et que son intégration au réseau devient plus facile et moins coûteuse à mesure que l'on acquiert plus d'expérience de cette ressource renouvelable.

L'un des aspects majeurs des investissements du FEM dans l'éolien est d'aider les pays à comprendre les contraintes de la planification et de l'exploitation des parcs d'éoliennes, à acquérir l'expérience de l'installation des équipements et de leur rattachement au réseau, et à appliquer des politiques favorables à la mise en valeur de cette énergie. Les mesures applicables sont notamment les mesures d'incitation en vue de la pose de lignes de transmission facilitant la distribution de l'électricité produite par les fermes éoliennes, les normes applicables aux portefeuilles d'énergies renouvelables, les aides à l'équipement, les mesures d'incitation fiscale, les certificats énergétiques négociables, l'obligation de rachat de l'électricité produite à partir d'énergies

renouvelables, les garanties d'accès au réseau et les normes obligatoires.

À la fin juillet 2012, le FEM avait financé 14 projets éoliens indépendants dans 14 pays⁸. Les aides du FEM à ces projets et le cofinancement qu'elles ont permis de mobiliser représentent respectivement 50 millions de dollars et 262 millions de dollars. Ces investissements ont conduit à l'installation d'une capacité de production électrique de près de 221 MW.

Description du projet

Le FEM a investi dans plusieurs projets éoliens au Mexique, dont la construction d'une ferme d'éoliennes de 103 MW, à la La Venta III, sur l'isthme de Tehuantepec, dans l'État d'Oaxaca. Cette région a l'un des meilleurs potentiels éoliens du pays. À 30 mètres du sol, la vitesse du vent varie entre sept et dix mètres par seconde en moyenne annuelle. Le potentiel éolien du Mexique est l'un des plus prometteurs d'Amérique latine, évalué à quelque 40 GW non exploités. Environ 10 % de ce potentiel renouvelable provient de l'isthme de Tehuantepec, où le facteur de capacité d'une centrale éolienne pourrait atteindre au moins 40 %, soit 10 % à 20 % de mieux que les valeurs types obtenues dans d'autres installations.

Malgré le considérable potentiel du Mexique dans ce domaine, l'énergie éolienne s'est développée lentement par rapport au reste du monde. Cela tient à la fois au manque d'incitations financières réelles offertes aux investisseurs et promoteurs privés, ainsi qu'à diverses difficultés liées aux politiques et réglementations en vigueur ayant une incidence sur ce secteur. Les projets éoliens financés par le FEM au Mexique ont contribué à stimuler le développement, et ont enregistré des avancées constantes, depuis les politiques de renforcement des capacités et l'instauration d'un climat propice au développement du secteur, en passant par les initiatives novatrices pour la fabrication locale des turbines, systèmes et autres composants des technologies éoliennes, pour aboutir à la construction de centrales. Ces progrès sont une source d'enseignements sur les pratiques donnant les meilleurs résultats qui

pourront être transposées dans d'autres régions du pays et d'autres pays en développement.

L'action du FEM s'est poursuivie de 2004 à 2009 où l'Institut mexicain de recherche sur l'électricité et le PNUD ont affecté les 4,7 millions de dollars du FEM et les 7,1 millions de dollars de cofinancement à diverses mesures visant à accélérer l'amortissement des investissements dans les technologies exploitant les énergies renouvelables, évaluer la ressource éolienne, émettre des propositions pour l'instauration d'un cadre légal, réglementaire et institutionnel plus favorable, et constituer un fonds de développement écologique. Ces initiatives faisaient suite au « Plan national d'élimination des obstacles à l'exploitation en vraie grandeur de l'énergie éolienne ».

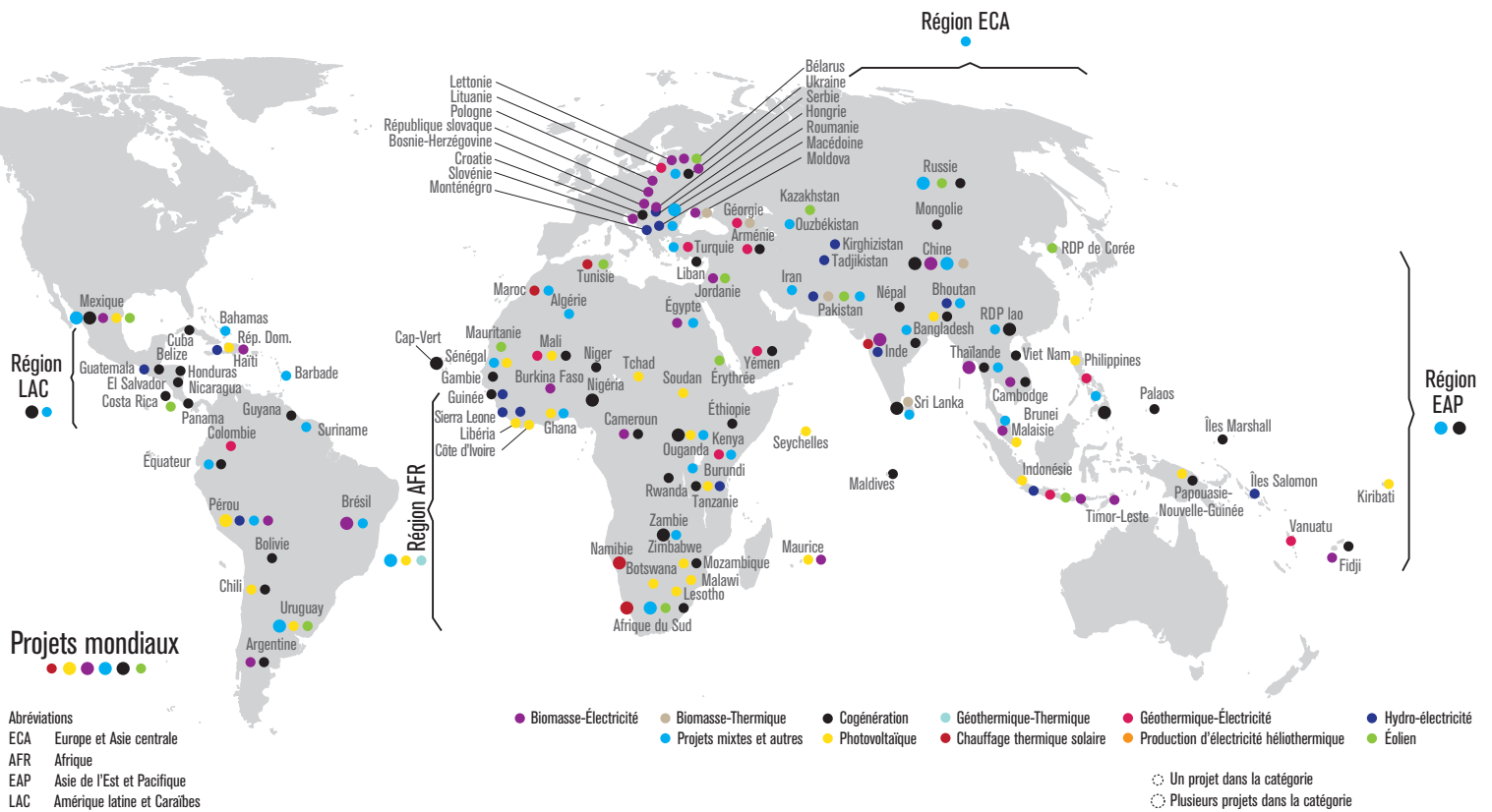
Le Centre régional de technologie éolienne (Centro Regional de Tecnología Eólica) a été créé dans la foulée pour apporter un soutien aux fabricants d'éoliennes, former des techniciens locaux, et favoriser la coopération entre les fabricants locaux et les industriels du pays. L'élimination des obstacles et la mise en place des mesures d'incitation prévues au Plan d'action ont abouti à la construction du projet éolien La Venta II, d'une capacité installée de 83,5 MW, qui a été mis en service en 2007.

C'est aussi en 2007 qu'a démarré un second projet éolien financé par le FEM. La Banque mondiale a utilisé un financement du FEM de 24,4 millions de dollars et 247,5 millions de dollars de cofinancement mobilisés auprès du Gouvernement mexicain pour appuyer une structure tarifaire en vue de la création d'une centrale éolienne de grande envergure, La Venta III. Sa construction a débuté en 2009 et, une fois achevée, la ferme de La Venta III aura une capacité installée de 103 MW. Ce projet contribuera à développer l'expertise locale concernant les applications commerciales de la production d'électricité renouvelable raccordée au réseau, consolider l'expérience de la production indépendante d'énergie, et renforcer les capacités institutionnelles d'évaluation, d'acquisition et de gestion de la ressource produite, autant d'acquis qui pourront être transposés ailleurs.

Un troisième projet éolien financé par le FEM a démarré en 2011 pour développer encore l'exploitation de l'énergie éolienne au Mexique en mettant à profit l'expérience acquise. Ce projet de transfert de technologies vise à appuyer la production nationale de biens et de services dans le domaine éolien, en développant les

⁸ Les chiffres présentés ici ne tiennent pas compte des projets mixtes où l'éolien est financé au même titre que d'autres objectifs. Ils se rapportent strictement aux opérations ayant l'éolien comme objectif unique.

FIGURE 1 — ÉNERGIES RENOUVELABLES, DONT ÉOLIEN : PROJETS FINANCÉS PAR LE FEM DANS LE MONDE DEPUIS 1991



Projets mixtes et autres : Projets associant des objectifs d'énergie renouvelable à d'autres objectifs d'atténuation du changement climatique définis pour FEM-5 (par ex. maîtrise de l'énergie)

capacités humaines et techniques de fabrication, d'essai et de certification des turbines. Il est mis en œuvre par la Banque interaméricaine de développement (BID), au moyen d'un financement du FEM de 5,5 millions de dollars et d'un cofinancement de 33,6 millions de dollars. Son exécution devrait se poursuivre jusqu'en 2015.

Description de la technologie

Le projet de la Venta III repose sur le premier contrat de production indépendante d'électricité éolienne signé au Mexique. La Commission fédérale d'électricité (CFE) est en train de poser une ligne de transmission électrique de 400 kilovolts sur 300 kilomètres pour acheminer vers le marché l'énergie produite à la Venta III.

La CFE a lancé un appel d'offres pour la fourniture des turbines de la Venta III. Un marché de fourniture d'énergie d'une durée de 20 ans a été attribué à Iberdrola Renovables. Les 121 turbines éoliennes exploitées à la

Venta III sont fabriquées par Gamesa Eólica ; chacune d'elles mesure environ 44 mètres de haut, pour une puissance nominale de 0,85 MW. Elles devraient avoir un facteur de capacité de l'ordre de 42 % en moyenne sur les 20 ans d'exploitation prévus au contrat.

Les coûts d'installation des projets éoliens sur l'isthme de Tehuantepec sont estimés à environ 2 000 dollars par KW, tandis que le coût moyen actualisé de l'électricité est estimé à environ 0,065 dollar par KW-heure, sur la même période de 20 ans.

L'énergie éolienne est désormais en phase commercialisable, ce qui autorise son application dans d'autres régions du pays. Les bons résultats du projet de la Venta III réduiront les risques techniques et financiers auxquels sont confrontés les promoteurs de projets, ce qui permettra la réalisation d'autres projets de production indépendante d'électricité éolienne, tant au Mexique que dans d'autres pays.

Résultats et réalisations

Les projets éoliens financés par le FEM au Mexique ont produit des résultats notables. Ils ont suivi une progression logique, de l'appui à l'instauration d'un climat politique et commercial favorable, à la construction et à l'exploitation de grandes infrastructures. Le projet de La Venta III est maintenant en phase de construction, et le contrat passé avec le producteur indépendant Iberdrola Renovables permettra sous peu une capacité de production d'électricité éolienne de 103 MW, générant chaque année jusqu'à 370 GW-heures, avec une réduction des émissions d'environ 247 000 tonnes d'équivalent CO₂ par an, ce qui équivaut à environ cinq millions de tonnes de CO₂ sur les 20 ans d'exploitation prévus au contrat.

Les projets du FEM ont contribué à renforcer la confiance des Mexicains à l'égard de l'énergie éolienne, d'où le lancement des autres projets éoliens. Au total, 64 éoliennes ont été commandées pour 2010, soit une capacité de production d'environ 520 MW, notamment en Basse Californie et dans l'État de Tamaulipas. De plus, cinq autres projets éoliens représentant au total environ 500 MW devraient entrer en construction en 2011. Une fois ces projets achevés, leur capacité conjuguée à celle des projets de la Venta, financés ou non par le FEM, portera la capacité éolienne totale du Mexique à plus d'un GW. Une ligne électrique de 400 kV et d'une puissance de 2 GW, sera construite sur 300 kilomètres par la CFE dans l'isthme

de Tehuantepec pour acheminer l'énergie éolienne jusqu'aux marchés. Enfin, d'autres opérations en projet pourraient porter la capacité éolienne totale du pays à environ 2,5 GW d'ici la fin de 2012.

Si ces plans aboutissent, l'aide du FEM aura joué un rôle majeur dans la multiplication par 25 de la capacité éolienne du Mexique durant les dix dernières années. Un pareil transfert de technologies peut être envisagé dans d'autres pays si l'on peut identifier et financer des projets analogues. Les facteurs clés de la réussite des projets mexicains, essentiels à leur transposition, sont un fort potentiel éolien et l'engagement de la compagnie d'électricité locale ou nationale qui doit poser des lignes à haute tension pour transporter l'électricité produite dans les fermes éoliennes jusqu'aux centrales de base d'où elle est dispatchée.

La familiarisation constante avec les systèmes éoliens peut contribuer à lever les obstacles à leur intégration au réseau d'électricité tandis que le développement de la fabrication continuera de faire baisser les coûts d'installation des fermes éoliennes et de l'électricité qu'elles produisent, en fonction de l'importance du potentiel éolien et des facteurs de capacité qui en découlent. Compte tenu des politiques de promotion de l'éolien actuellement étudiées par de nombreux pays, les projets d'exploitation de l'énergie du vent devraient être envisagés plus favorablement par les organismes de financement et connaître une rapide expansion.

L'un des aspects majeurs des investissements du FEM dans l'éolien est d'aider les pays à comprendre les contraintes de la planification et de l'exploitation des parcs d'éoliennes, à acquérir l'expérience de l'installation des équipements et de leur rattachement au réseau, et à appliquer des politiques favorables à la mise en valeur de cette énergie.



燃料电池城市客车
FUEL CELL CITY BUS

起点 马拉松

Beijing 2008
收容
PICK-UP

BJ6123C6N4D

燃料电池城市
FUEL CELL CIT

Les autobus à piles à combustible ont assuré des services de navette durant les Jeux olympiques de Beijing, en 2008, dans le cadre du projet témoin du FEM.

京A EU0000



Des autobus à piles à combustible en Chine

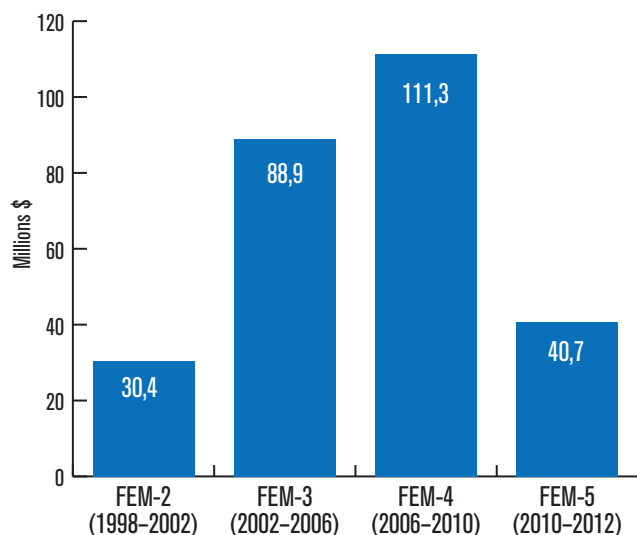
Introduction

La tendance à l'urbanisation est un phénomène mondial qui est lourd d'incidences sur l'énergie et les émissions de GES. Dans son quatrième rapport d'évaluation, le GIEC estime qu'environ 75 % des gens vivant dans des pays industrialisés et environ 40 % des populations des pays en développement vivent aujourd'hui dans des villes. En outre, les villes elles-mêmes ne cessent de s'agrandir, et au moins 19 d'entre elles comptent actuellement plus de dix millions d'habitants (GIEC 2007).

Cette tendance à l'urbanisation est plus durement ressentie dans les pays en développement où elle exacerbe les problèmes de pollution atmosphérique, de consommation de pétrole, de dépendance aux importations et d'émissions de GES. De plus, l'urbanisation continuera de porter l'investissement local dans les transports en commun et les projets d'équipement, tels que routes, ponts, tunnels, garages et autres ouvrages antipollution.

Le FEM finance des projets de transport urbain écologiquement viable depuis 1999 et, à la moitié de FEM-5, en juin 2012, il avait investi dans 46 opérations dans le monde entier. Ces projets ont reçu du FEM 280 millions de dollars qui ont été complétés par environ 2,9 milliards de dollars de cofinancement. Les opérations qu'il finance actuellement sont exécutées dans plus de 70 villes, soit une population totale de plus de 250 millions d'individus. Les projets en portefeuille portent sur le développement des technologies et les stratégies de transport, telles que les investissements « indépendants » dans les infrastructures de transport public, comme sur les plans directeurs de transport urbain. En matière de développement des technologies par exemple, le FEM a investi dans des projets d'autobus à piles à combustible en Chine et au Brésil, et dans des projets d'autobus et de trois-roues hybrides en Inde et en Égypte (FEM 2012d).

FIGURE 2 : INVESTISSEMENTS DU FEM DANS LES TRANSPORTS URBAINS ÉCOLOGIQUEMENT VIABLES, PAR PHASE DE FINANCEMENT



Le portefeuille de projets de transport urbain du FEM s'est accru de 30 millions de dollars pendant FEM-2 à presque 120 millions de dollars durant FEM-4, ce qui représente le plus gros investissement mondial dans les transports urbains respectueux de l'environnement. En dépit de leur volume, ces investissements ne constituent qu'une assez faible partie de la mise de fonds nécessaire au niveau mondial pour créer des systèmes de transports urbains propres, modernes et écologiquement viables. C'est pourquoi ce secteur devrait tenir une large place dans le portefeuille de projets financés pendant FEM-5 dans le domaine « changements climatiques ».

Pour que les investissements du FEM soient fortement cofinancés, les efforts de transfert de technologies doivent porter sur des opérations conduisant à la mise en place de solides plans de transport urbain ainsi que sur les projets visant à promouvoir des technologies nouvelles qui ne sont pas encore en phase de commercialisation, et dont l'applicabilité doit être démontrée dans le cadre de projets témoins permettant de confirmer leur performance et d'attirer l'investissement privé.

Description du projet

Les autobus à piles à combustible constituent une technologie propre quasiment prête pour la commercialisation, mais qui doit encore faire l'objet de projets pilotes visant à vérifier sa performance, évaluer son potentiel et déterminer les besoins en termes d'approvisionnement en hydrogène et de stations de ravitaillement qui doivent être implantées au même endroit. À moyen terme, on considère que ces autobus ont une faisabilité supérieure à celle de tous les autres types de véhicules à piles à combustible parce qu'ils desservent généralement les mêmes trajets, à heures fixes, et dépendent d'une structure centrale, notamment pour la formation des mécaniciens, la maintenance et les services de soutien.

Compte tenu de sa vision nationale, des plans de développement de la filière énergétique hydrogène, et des problèmes considérables posés par l'urbanisation et les transports publics, la Chine est le lieu idéal pour démontrer l'applicabilité des autobus à piles à combustible. Les projets réalisés dans ce domaine à Beijing et à Shanghai ont aussi pour objet d'apporter aux premiers promoteurs des informations essentielles sur les performances et les coûts de cette technologie, ainsi que sur les questions de maintenance et d'acceptation par les consommateurs. Le FEM a financé ces projets à hauteur de 11,6 millions de dollars qui ont permis de mobiliser 23 millions de dollars de cofinancement. Le PNUD apporte son concours en vue de leur exécution.

L'engagement de la Chine à l'égard de ces projets tient aux défis croissants auxquels elle est confrontée pour assurer son devenir. Ainsi, les ventes de véhicules ont explosé du fait de sa croissance économique, passant de 2,1 millions d'unités en 2000, à 5,8 millions en 2005, puis à 13,6 millions en 2009 (Sullivan 2010). À Beijing et à Shanghai, les autobus publics sont la principale cause de pollution atmosphérique en raison de la taille du parc, de la puissance des moteurs, de leur forte consommation de carburant, des longues distances parcourues quotidiennement et de la congestion des voies de circulation. En 2005 par exemple, il y avait à Beijing plus de 18 000 autobus en service, dont 8 026 au diesel. Durant la même année, Shanghai avait tout autant d'autobus en service, mais plus de 10 000 étaient équipés de moteurs diesel (ministère des Finances 2010).

Depuis le démarrage des projets, le ministère des Sciences et technologies (MOST), les collectivités locales

de Beijing et de Shanghai, l'Université de Tsinghua et diverses sociétés privées nationales et internationales ont pris une part active aux activités. Ce projet a pour principaux objectifs de :

- Lancer un processus visant à faire la preuve de la viabilité et de l'efficacité des autobus à piles à combustible dans les transports urbains chinois ;
- Confirmer la baisse de la pollution atmosphérique et des émissions de GES engendrée par le recours aux autobus à piles à combustible
- Apporter la preuve de leur performance opérationnelle et de celle des installations de ravitaillement dans le contexte chinois ; et,
- Stimuler les constructeurs pour accroître la production et réduire les coûts.

Quatre phases ont été identifiées durant les travaux de planification qui ont précédé le lancement du projet :

- Études de faisabilité,
- Projets témoins,
- Expansion des projets témoins, et
- Production en masse.

La première phase, qui s'est déroulée de 1998 à 2001, a porté sur la recherche, la collecte de données et leur analyse par les experts chinois afin de mettre en place la base nécessaire à la conception du projet global. Les études de faisabilité ont mis en évidence les progrès notables enregistrés depuis les années 90 dans de nombreux pays, dont la Chine, en matière de production et de stockage d'énergie hydrogène et d'exploitation de véhicules à piles à combustible. La deuxième phase a débuté en 2002, et devrait s'achever en 2011. C'est à ce titre que les compagnies de transport public de Beijing et de Shanghai ont chacune reçu six autobus à piles à combustible dont elles assurent l'exploitation. Durant cette même phase, des activités de renforcement des capacités seront mises en place pour faciliter le passage à la troisième phase, qui devrait durer de 2012 à 2020, et durant laquelle les projets pilotes seront étendus à d'autres villes de Chine⁹.

Description de la technologie

Les technologies appliquées dans le cadre de ces projets sont les autobus à piles à combustible et les installations de ravitaillement en hydrogène. Ces systèmes ne sont globalement pas disponibles sur le marché, sauf à petite échelle, dans le cadre de projets témoins. Le niveau de risque reste élevé du point de vue des coûts et de la performance des véhicules à piles à combustible, notamment dans les conditions d'exploitation rigoureuse qui caractérisent les grands autobus affectés aux transports publics urbains. Bien que la technologie ait fait ses preuves, le coût des piles à combustible demeure prohibitif par rapport à celui des autres systèmes de propulsion, y compris les solutions plus récentes telles que le gaz naturel comprimé et les autobus électriques hybrides. Il faut aussi que les stations de ravitaillement en hydrogène soient équipées pour produire par elles-mêmes, stocker l'hydrogène et le distribuer, autant de coûts qui doivent être pris en considération dans l'effort d'ensemble.

On trouvera au tableau de la page suivante des informations sur les fabricants, le calendrier des projets témoins et leur lieu d'exécution.

Le modèle Citaro, fabriqué par Daimler-Chrysler, repose sur des piles à combustible à membrane d'échange de protons qui se présentent sous forme d'empilements de piles à combustible de 205 KW fabriquées par Ballard Power Systems, Inc., et sur un moteur à induction à courant alternatif. Il est équipé de neuf réservoirs d'hydrogène, fabriqués par Dynetek Industries. Ltd, dont chacun a une capacité de 40 kilos d'hydrogène, à une pression de stockage de 350 bars.

Le lot suivant de trois autobus à piles à combustible a été fabriqué par la chinoise Beiqi Foton Motor Company, avec des financements du MOST et l'assistance technique du FEM. C'est durant cette phase du projet que ces autobus ont assuré un service de navette à l'occasion des Jeux olympiques de 2008, ce qui a contribué à faire connaître la technologie. Les six derniers autobus, des hybrides utilisant des piles à combustible, sont construits par la Shanghai Automotive Industry Corporation (SAIC). Ils ont été achetés en vue des démonstrations et de leur exploitation pendant l'Exposition universelle de Shanghai, en 2010. Ces six autobus à zéro émission ont assuré le transport des visiteurs le long du trajet principal de l'Expo.

⁹ Les troisième et quatrième phases n'ont pas commencé, et devraient être conduites sans l'intervention du FEM.

TABLEAU 2 RÉSUMÉ DE LA PRODUCTION D'AUTOBUS À PILES À COMBUSTIBLE ENGAGÉE AVEC L'APPUI DU FEM

Constructeur	Nombre d'autobus	Période	Lieu
DaimlerChrysler-Citaro	3	Juin 2006–octobre 2007	Beijing
Beiqi Foton Motor Company	3	Août 2008–juillet 2009	Beijing
Shanghai Automotive Industry Corporation (SAIC)	6	Février 2010–en cours	Shanghai

Les infrastructures de ravitaillement en hydrogène sont un volet capital de ce projet, d'où la construction et l'exploitation de la toute première station de distribution d'hydrogène en Chine. Avec la coopération de SinoHytec, de BP et de Tsinghua Tong Fang Corporation, la station de ravitaillement en hydrogène de Beijing a été créée dans le nouveau parc de démonstration des véhicules éco-énergétiques qui est situé dans la zone de développement économique des technologies de pointe de Yongfeng, à une dizaine de kilomètres à l'ouest du stade olympique. La station est entrée en service en novembre 2006, et distribue l'hydrogène fournie par une société de reformage du gaz naturel.

Elle peut ravitailler simultanément en hydrogène huit à dix autobus, au rythme de trois à quatre fois par semaine. Elle assure le ravitaillement des trois autobus Citaro présentés dans le projet de Beijing, une première opération qui a permis de recueillir de précieuses données en vue de la construction et de l'exploitation de la station de ravitaillement de Shanghai.

Résultats et réalisations

Les données collectées à ce jour attestent les bons résultats des autobus à piles à combustible et des installations de ravitaillement. Ainsi, les trois autobus Citaro ont été exploités à Beijing de juin 2006 à octobre 2007 sur une ligne de desserte publique, avec un taux de zéro émission et une faible pollution sonore. Ils ont couvert au total 92 116 kilomètres avec un taux d'exploitation de 88 %, ce qui représente 5 699 heures de transport et 56 973 passagers. Il n'y a eu ni accident, ni situation d'urgence, et les retours d'information des usagers et des opérateurs ont été positifs.

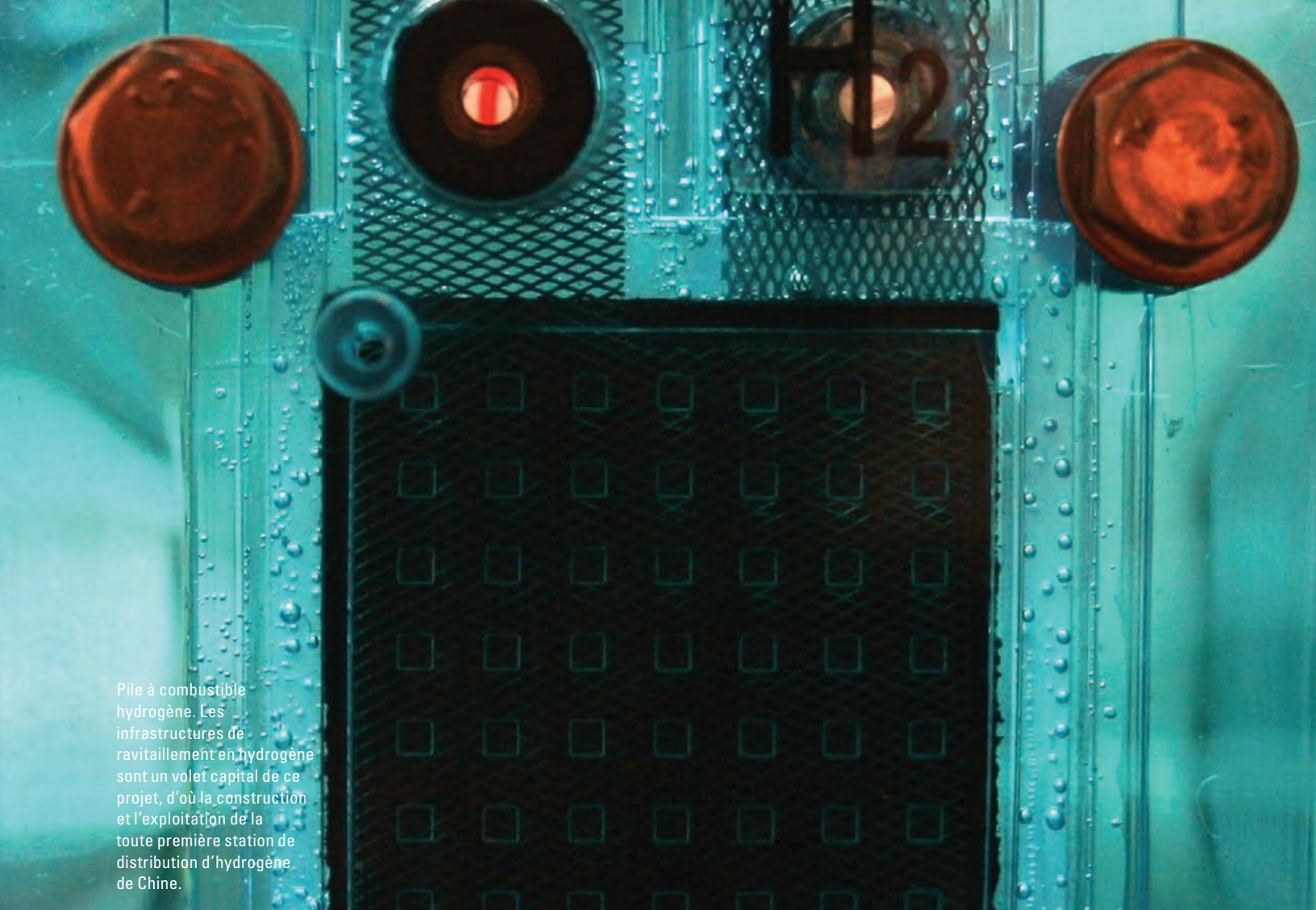
Les autobus à piles à combustible de type Foton ont desservi Beijing d'août 2008 à juillet 2009, soit

75 460 kilomètres parcourus et 60 198 passagers transportés. Ils ont tourné pendant 3 646 heures, pour une consommation de 5 753 kilos d'hydrogène, à un taux d'environ 9,56 kilos aux 100 kilomètres. En 2010 et 2011, les autobus de la SAIC ont couvert 3 312 km dans la ville de Shanghai, et transporté 106 040 personnes. Ils ont consommé 37 812 kilos d'hydrogène, soit une consommation d'environ 11,51 kilos aux 100 kilomètres.

L'exploitation des 12 autobus à piles à combustible devrait permettre d'éviter environ 1 010 tonnes d'émissions de CO₂ eq. Si 30 % des municipalités chinoises choisissent cette technologie pour leurs transports publics d'ici 2030, 9,3 millions de tonnes d'émissions d'équivalent CO₂ seront alors évitées chaque année.

À l'avenir, le FEM continuera de rechercher des occasions de financer des opérations économiques et efficaces de développement d'autobus à piles à combustibles s'appuyant sur les connaissances acquises à Beijing et à Shanghai, et d'accompagner dans le monde d'autres projets témoins reposant sur cette technologie et sur la transformation de l'hydrogène. La recherche-développement demeure un aspect important de la stratégie destinée à faire reculer les coûts et à améliorer la performance des piles à combustible, de la production, du stockage et de la distribution d'hydrogène et des installations de ravitaillement. Les projets témoins remplissent aussi une fonction importante qui est de fournir aux promoteurs des informations sur les problèmes liés à la diffusion de ces technologies, et de préciser les orientations et les priorités de la recherche-développement.

Les projets d'autobus à piles à combustible financés par le FEM ont livré des informations utiles sur les coûts et les performances des piles à combustible à l'hydrogène et les installations de ravitaillement rattachées aux systèmes de transport public urbain. Grâce aux projets témoins,



Pile à combustible hydrogène. Les infrastructures de ravitaillement en hydrogène sont un volet capital de ce projet, d'où la construction et l'exploitation de la toute première station de distribution d'hydrogène de Chine.

des centaines de milliers de passagers ont empruntés ces autobus, ce qui a contribué à faire connaître ces technologies au grand public et à les sensibiliser. Ces projets ont aussi soutenu la Chine dans son engagement à développer l'utilisation de véhicules à l'hydrogène et à piles à combustible, et dans son programme d'expansion des autobus employant cette technologie.

Plusieurs leçons fondamentales, tirées de l'action engagée en vue de ce transfert de technologies, viendront éclairer les efforts futurs de développement des autobus à piles à combustible. Par exemple :

- **Connaître les besoins d'investissement :** Les investissements massifs nécessaires à l'achat des autobus, ainsi qu'à la construction et à l'exploitation des stations de ravitaillement en hydrogène, sont un élément fondamental à prendre en compte pour être en mesure de reproduire les succès remportés à Beijing et à Shanghai.

- **Évaluer les autres solutions :** Différents systèmes énergétiques propres sont présentés dans le domaine des transports urbains écologiquement viables. Il convient d'évaluer soigneusement leurs mérites, comparativement à ceux des autobus à piles à combustible, pour s'assurer que les projets de transports urbains écologiquement viables répondent pleinement aux besoins des collectivités urbaines et du pays hôte.

- **S'assurer des engagements :** Le degré d'engagement du Gouvernement chinois en faveur du développement de l'énergie hydrogène a été un facteur décisif. La détermination des autorités sera donc une considération importante pour l'identification de projets de développement des autobus à piles à combustible dans d'autres pays.



Un mode de financement innovant : Le Programme de cofinancement de la maîtrise de l'énergie en Hongrie

Budapest (Hongrie)

Introduction

La maîtrise de l'énergie est l'une des démarches les moins coûteuses d'économie d'énergie et de réduction des émissions de GES. Il est essentiel de promouvoir des instruments financiers favorisant l'adoption de technologies, d'outils et de techniques à haut rendement énergétique. Des projets du FEM visant à élaborer et à transférer des instruments financiers propices à la maîtrise de l'énergie ont été menés avec succès dans de nombreux pays, notamment en Hongrie, en Bulgarie, en Slovaquie, en Thaïlande et en Chine, et ont abouti à des réductions notables de la consommation énergétique et des émissions de GES.

Plusieurs grands types d'instruments financiers ont été utilisés dans le monde par le FEM et par d'autres entités pour promouvoir l'investissement dans la maîtrise de l'énergie. Comme ce fut le cas en Hongrie, ces instruments sont souvent combinés de différentes manières afin de les adapter aux conditions locales et aux besoins du pays. Ce sont notamment :


- Les prêts ou les garanties d'emprunts contractés par l'intermédiaire de banques commerciales, d'organismes de développement ou de fonds publics ;
- Les contrats de performance et d'économie d'énergie passés avec des sociétés tiers appelées sociétés de services énergétiques ; et,
- Les programmes de maîtrise de la demande d'électricité, exécutés par l'entremise de compagnies de distribution d'énergie qui fournissent les

financements, les mesures d'incitation et l'assistance technique.

Le FEM s'est placé au premier plan des efforts engagés pour favoriser les modèles financiers novateurs destinés à promouvoir l'amélioration du rendement énergétique dans les pays en développement et en transition. Dans le monde entier, la conception, l'application et l'évaluation de ces instruments répondent à un besoin réel visant à stimuler leur transposition et à partager les acquis de l'expérience.

Les projets relatifs aux instruments financiers et les démarches d'appui aux sociétés de services énergétiques selon les principes du marché représentent environ 31 % des projets de maîtrise de l'énergie du FEM et, durant l'exercice 12 de FEM-5, ils ont absorbé la moitié des financements du Fonds consacrés à ce secteur. Le FEM apporte ainsi une assistance et des outils financiers essentiels, ainsi que des techniques, une assistance technique et des formations tout aussi essentielles qui contribuent à la multiplication des solutions de financement et à la diffusion des appareils et équipements à haut rendement énergétique dans les immeubles résidentiels et commerciaux, dans le secteur manufacturier et dans les industries de transformation du monde entier.

L'action engagée par le FEM pour promouvoir ces instruments financiers s'inscrit dans un portefeuille de projets portant sur les démonstrations de technologies et leur diffusion, les normes de rendement énergétique et les programmes d'étiquetage, les mécanismes fondés sur le jeu du marché et les politiques et cadres réglementaires en matière d'énergie.



Le FEM a apporté son concours aux petites et moyennes entreprises en Chine et dans d'autres pays en développement pour les aider à mieux maîtriser l'énergie et à réduire leurs émissions de GES.

Description du projet

Le projet de cofinancement de la maîtrise de l'énergie exécuté en Hongrie a permis de créer dans ce pays des sociétés de crédit commercial viables, en partenariat avec les institutions financières locales, pour promouvoir les investissements dans la maîtrise de l'énergie pour toute une gamme de technologies, d'applications et de secteurs. Ce projet illustre bien l'action menée par le FEM pour développer et transformer le financement des projets et le marché de l'investissement dans la maîtrise de l'énergie dans les pays en transition. Comme d'autres pays d'Europe de l'Est et comme les États nouvellement indépendants de l'ex-Union soviétique, la Hongrie avait une économie planifiée qui a été protégée des forces du marché pendant des décennies et s'est donc dotée d'institutions et d'infrastructures appliquant des prix énergétiques relativement bas et subventionnés. En l'absence de réels signaux du marché, il n'y avait aucune mesure d'incitation économique pour favoriser une rationalisation de la consommation d'énergie et les organes de prêt hongrois n'avaient aucune expérience de l'offre et du service des prêts à la maîtrise de l'énergie.

Ce projet a démarré en 1997, alors que le secteur financier hongrois commençait à évoluer, à fonctionner selon les principes du marché, et à pouvoir financer des opérations de maîtrise de l'énergie, notamment dans les petites et moyennes entreprises. De sérieux écueils devaient toutefois être surmontés, et le projet du FEM a joué un rôle capital du point de vue du renforcement des capacités, des connaissances et des savoir-faire de base. Le FEM a financé ce projet à hauteur de 5,7 millions de dollars qui ont permis de mobiliser 113,2 millions de dollars de cofinancement. L'exécution du projet a été appuyée par la Société financière internationale (IFI).

Le projet hongrois s'est déroulé en deux temps :

- Phase I : Mise en œuvre d'un projet pilote de cinq millions de dollars, qui a suscité un intérêt considérable de la part des institutions financières hongroises intervenant sur ce marché ; et,
- Phase II : Expansion des garanties et de l'assistance technique visant à appuyer le financement de projets liés à la maîtrise de l'énergie.

Les projets financés comprennent des investissements dans les appareils d'éclairage à haut rendement, le chauffage urbain, les chaudières et les systèmes de contrôle du bâtiment, les moteurs et l'amélioration des procédés industriels. Le programme en est à sa troisième phase, qui a démarré en 2005, et il a désormais fusionné avec le programme de promotion du financement de l'exploitation commerciale d'équipements à haut rendement énergétique.

Le mécanisme financier élaboré pour ce projet reposait sur deux stratégies destinées à développer les opérations commerciales de prêt à la maîtrise de l'énergie en Hongrie :

- Offre et service de produits financiers spécialisés ; et,
- Développement de l'expertise locale en matière de technologies, outils et techniques de maîtrise de l'énergie.

Le principal outil financier consistait en une garantie partielle d'emprunt apportée par l'IFC aux institutions financières participantes du pays. Une assistance technique et des formations ont été dispensées au titre du renforcement des capacités. C'était la toute première fois qu'une garantie partielle d'emprunt a été employée comme instrument financier pour faciliter des opérations commerciales de prêt à la maîtrise de l'énergie ; depuis lors, cette stratégie a été affinée et appliquée à d'autres projets portés par le FEM et l'IFC dans le monde (Taylor et al. 2008).

La mise en œuvre de l'instrument financier a exigé la création d'institutions spécialisées, de mécanismes contractuels et d'accords rassemblés en un montage unique. Pour ce projet, le FEM et l'IFC ont passé avec des organismes de prêt hongrois des accords pour la mise en place de garanties des investissements dans la maîtrise

de l'énergie. Lorsque l'un d'eux accordait un prêt à l'investissement à un emprunteur, le FEM et l'IFC établissaient un accord de garantie pour toute transaction satisfaisant les critères fixés, que l'emprunteur soit un utilisateur final, un fournisseur, une société de services énergétiques ou un regroupement des trois.

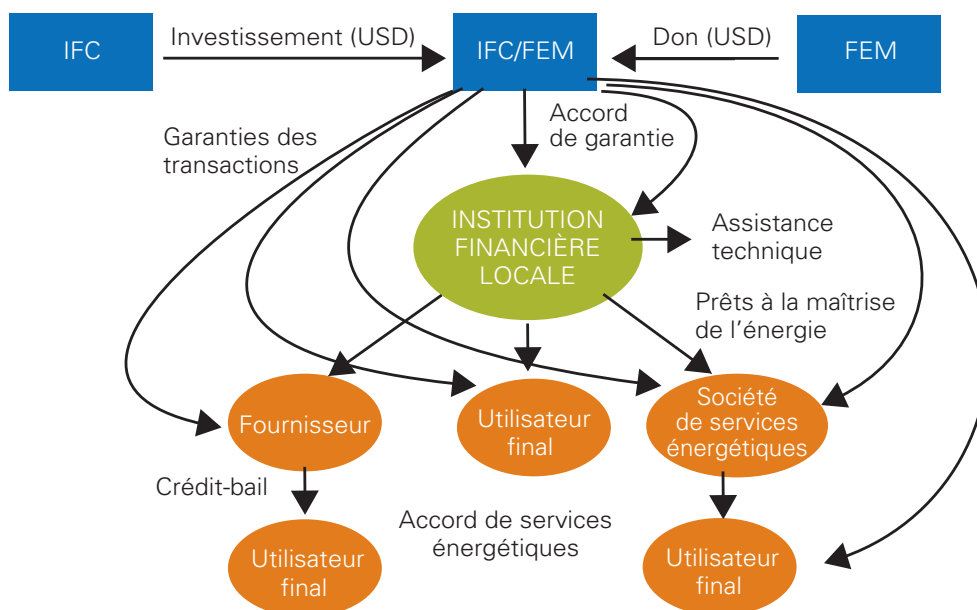
D'après les termes des accords de garantie, les organismes de prêt sont responsables de l'exécution et du montage de toutes les transactions ainsi que de la réalisation des enquêtes de diligence raisonnable et des analyses de crédit. Ils sont également responsables, de bout en bout, de la gestion des prêts et des procédures de recouvrement en cas de défaillance de l'emprunteur. L'instrument financier n'offrant qu'une garantie partielle, les organismes de prêt étaient incités à identifier et à prendre en charge des opérations saines au plan financier, et à investir dans les projets de maîtrise de l'énergie présentant les meilleures conditions d'économie et d'efficacité (Taylor et al. 2008). Le schéma à la figure 3 montre l'articulation des instruments de garantie des investissements et des accords de garantie des transactions, de l'organisme de prêt à l'emprunteur, et comment le financement a été complété par les activités requises d'assistance technique et de formation.

Dans les premiers temps où le marché hongrois du financement de la maîtrise de l'énergie était encore hésitant, les garanties partielles de prêt étaient accordées à des entreprises et organisations très diverses, susceptibles de les appliquer à la mise en œuvre de projets dans ce domaine. À mesure de l'expérience acquise, les prêts accordés privilégiaient les promoteurs de projets (fournisseurs, sociétés de crédit-bail, société de services énergétiques et PME) qui étaient les mieux à même de regrouper les petits projets en opérations de plus grande envergure, et de mettre à profit l'assistance technique et la formation dispensées.

Réunion d'experts pour examiner des modes de financement innovants par le marché du carbone avec le FEM.



FIGURE 3 STRUCTURE DU PROGRAMME DE COFINANCEMENT DE LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE EN HONGRIE



Source : Taylor et al. 2008

Résultats et réalisations

Les résultats escomptés du programme de cofinancement de la maîtrise de l'énergie en Hongrie sont :

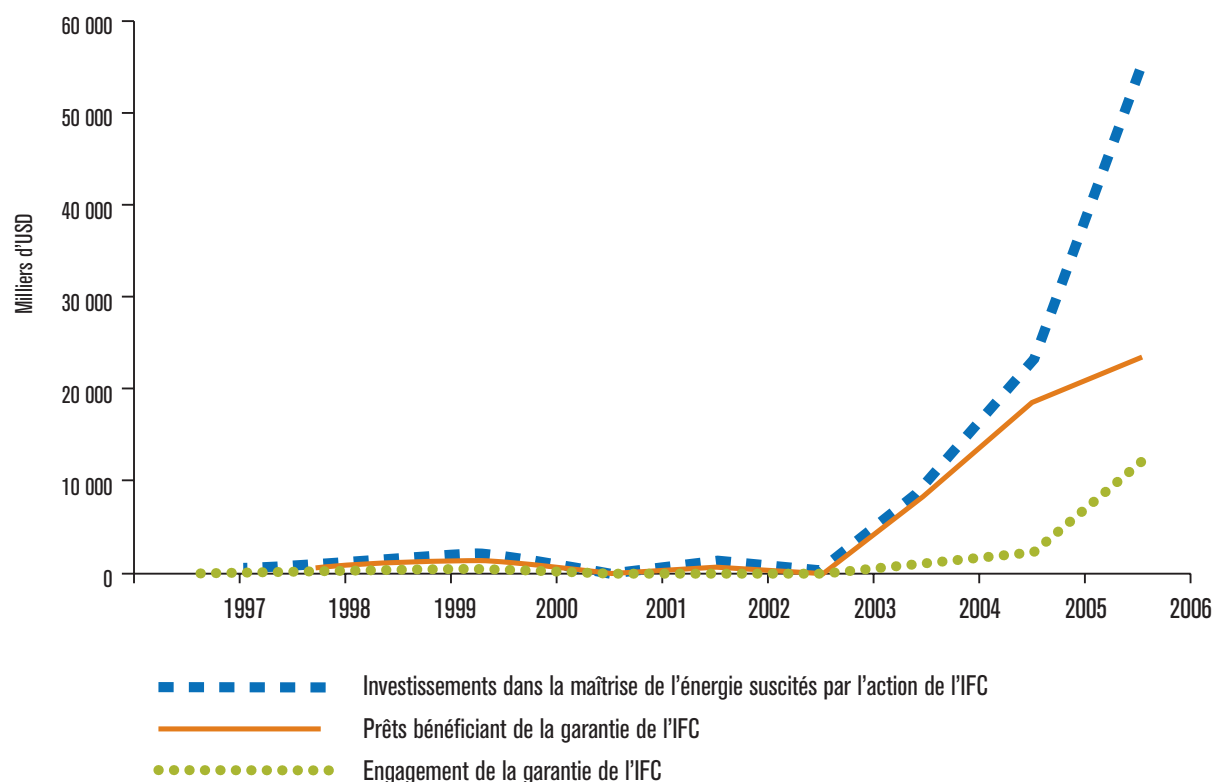
- Une baisse des dépenses d'investissement dans de nouveaux systèmes de transport et de distribution d'électricité résultant d'une réduction de la demande ;
- Une moindre dépendance du pays à l'égard des importations d'énergie compte tenu de la moindre consommation de pétrole et de gaz naturel ; et,
- L'amélioration du niveau de vie, de la compétitivité des PME et des budgets municipaux par suite de la baisse des coûts énergétiques.

Selon les estimations, ce projet de cofinancement de la maîtrise de l'énergie en Hongrie permettra, sur toute sa durée de vie, des réductions des émissions de GES de l'ordre de 2,6 millions de tonnes d'équivalent carbone.

À l'analyse, on peut constater qu'il a démarré assez lentement durant ses six premières années (1997-2003) pendant lesquelles les organismes de prêt, les emprunteurs et les fournisseurs de services assimilaient l'assistance technique dispensée, se familiarisaient avec les nouveaux instruments financiers, et apprenaient comment réaliser des études de faisabilité et des audits d'un bon rapport coût-efficacité afin d'identifier les projets les plus prometteurs et les plus rentables de maîtrise de l'énergie.

De 2003 à 2006, le projet est entré dans une période de rapide expansion du niveau de prêts et de réalisation de projets. Ces résultats, illustrés à la figure 4, attestent un changement notable vers une autonomisation des marchés de la maîtrise de l'énergie en Hongrie (Taylor et al. 2008). Avec le temps, les prêts accordés dans ce domaine faisaient de moins en moins appel aux garanties partielles. En effet, à mesure que les organismes de prêt et les emprunteurs gagnaient davantage d'expérience des conditions, des risques, et des flux de coûts et de recettes liés aux investissements, un nombre croissant

FIGURE 4 RÉSULTATS DU PROGRAMME DE COFINANCEMENT DE LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE EN HONGRIE, DE 1997 À 2006



Avec l'appui du FEM, cette cimenterie a construit une centrale sans combustible, la première du genre en Chine, alimentée par la chaleur récupérée des fours à ciment.



d'opportunités s'est présenté pour financer des projets sur la seule situation de trésorerie. Les financements appuyés par des garanties partielles ont ainsi pu être réorientés vers des débouchés potentiellement profitables, mais qui n'auraient pu être exploités dans d'autres circonstances. Cette tendance a profité à de nombreux projets, notamment la rénovation d'immeubles collectifs d'habitation, la production combinée de chaleur et d'électricité, le chauffage urbain et l'éclairage des rues (Taylor et al. 2008).

Toute opération visant à transposer ces instruments financiers à des projets de maîtrise de l'énergie dans d'autres pays et régions devra tenir compte de constats essentiels, afin de reproduire les meilleures pratiques. Par exemple :

- La garantie des prêts ne peut à elle seule résoudre les problèmes systémiques du secteur de la banque ou du crédit ; en association avec l'assistance technique et la formation, elle permet néanmoins de mobiliser les institutions locales de prêt et les promoteurs privés tels que les agences de crédit-bail et les sociétés de services énergétiques.
- Lorsqu'un pays ou une région n'a pas d'institutions financières bien établies, de capacités techniques ou d'expertise dans le domaine de la maîtrise de l'énergie, il faut du temps et de la patience pour développer les capacités nécessaires à l'apparition d'un marché solide. Il faut prévoir des délais de

six mois à deux ans pour préparer et appliquer des instruments financiers viables.

- Pour que les mécanismes de garantie des prêts aient les meilleures chances d'aboutir, ils doivent être mis en place auprès de banques commerciales disposant des liquidités nécessaires et de taux d'intérêt attractifs, ouvertes à la concurrence, et suffisamment rôdées pour accepter de prendre des risques.

Les financements apportés par le FEM au programme hongrois ont été déterminants, et ont permis à l'IFC d'assurer le pilotage, l'expansion et l'adoption des instruments de partage des risques dans les opérations d'énergie renouvelable. Suite à l'expérience acquise avec ce projet pilote, l'IFC a reproduit et normalisé les mécanismes de partage des risques, en s'inspirant des enseignements tirés du programme réalisé en Hongrie. Elle administre actuellement dix nouveaux programmes et projets visant la mise en place de ce type d'instruments en vue d'opérations de maîtrise de l'énergie dans dix pays (Chine, Colombie, Hongrie, Lettonie, Lituanie, Philippines, République tchèque, Slovaquie, Sri Lanka et Thaïlande).

Le FEM continuera d'investir dans des projets visant l'établissement de nouveaux instruments de financement de la maîtrise de l'énergie. Son assistance sera particulièrement importante dans les pays où le secteur du crédit commercial est insuffisamment développé, et où les sociétés n'ont pas d'expérience des opérations menées dans ce domaine.



Une action prioritaire : conseiller les populations sur les pratiques de gestion durable du bétail et des parcours pouvant être transposées ailleurs.

ENCADRÉ B : L'ADAPTATION : UNE PRIORITÉ DE PREMIER PLAN POUR LE FEM

Depuis la création de la priorité stratégique « adaptation au changement climatique » de la Caisse du FEM, et l'établissement du Fonds pour les pays les moins avancés (Fonds pour les PMA) et du Fonds spécial pour les changements climatiques (Fonds spécial), l'investissement du FEM dans les projets d'adaptation a atteint un total de 540 millions de dollars. Le transfert de technologies constitue un volet majeur de la plupart des projets d'adaptation, et a pour objet de développer la résistance aux chocs climatiques dans différents domaines : gestion des ressources en eau, gestion du risque de catastrophe, sécurité alimentaire et agriculture, gestion des zones côtières et développement des infrastructures.

Les projets du portefeuille du Fonds pour les PMA, du Fonds spécial et de la priorité stratégique « adaptation au changement climatique » visent des investissements dans des technologies, outils et techniques d'adaptation variés. Les opérations financées portaient par exemple sur la restauration des zones humides et/ou des mangroves, la recharge des plages en sable, les systèmes d'irrigation innovants, les cultures résistantes à la sécheresse, le développement des infrastructures à l'épreuve du changement climatique, et le transfert de matériel électronique de pointe pour la compilation des données et les systèmes d'alerte. En outre, nombre des projets d'adaptation prévoient des activités visant à améliorer la gestion des pratiques locales.

C'est pourquoi le renforcement des capacités, la sensibilisation du grand public et l'appui aux stratégies favorisant la prise en charge systématique de l'adaptation au changement climatique dans la planification du développement économique local, de l'utilisation des terres et de l'environnement naturel tenaient une place importante dans de nombreux projets. Le portefeuille de projets fournit nombre d'exemples de transferts de technologies. Citons notamment :

- En Éthiopie, les technologies de prévision météorologique ont amélioré les activités de préparation aux sécheresses et leur intégration intersectorielle. Par ailleurs, l'adoption de pratiques culturelles améliorées, de stratégies de reconversion et de systèmes d'alerte précoce a permis aux populations rurales de s'adapter aux pénuries d'eau.
- En Sierra Leone, 15 stations météorologiques automatiques et 20 pluviomètres régionaux ont été installés pour rétablir les systèmes météorologiques qui avaient été gravement endommagés pendant la guerre civile. Pour assurer leur exploitation, une formation de second cycle universitaire sera dispensée à deux météorologues et à plusieurs agents de soutien technique. Les analyses et prévisions météorologiques sont d'une importance capitale pour l'adaptation au changement climatique et la prise de décisions concernant les projets locaux de gestion des ressources agricoles et hydriques.
- Dans les Andes, des stations de surveillance ont été installées pour acquérir une connaissance complète de l'effet du climat sur les glaciers. Les données météorologiques seront utilisées pour concevoir et planifier des mesures d'adaptation liées à l'utilisation et à la gestion des ressources en eau.
- Au Cap-Vert, pays qui devrait être confronté à de graves pénuries d'eau du fait du changement climatique, un projet témoin permet de piloter des techniques de récolte, d'entreposage, de conservation et de distribution d'eau à l'épreuve de l'évolution du climat. Les technologies appliquées dans ce cadre sont notamment les pièges à vent, les tamis souterrains destinés à prévenir les infiltrations des eaux souterraines, et de nouvelles techniques de traitement de l'eau qui pourront être reproduites dans d'autres endroits.
- En Inde, des technologies novatrices viennent appuyer des pratiques d'utilisation des sols et de gestion des ressources en eau, qui sont adaptées aux conditions locales, fondées sur la rotation des cultures, l'agroforesterie, l'agriculture de conservation, la récolte de l'eau et la gestion participative des ressources en eau, et équilibrées avec les exigences de rentabilité et de protection de l'environnement, et les besoins des populations.
- Au Bhoutan, des mesures ont été engagées pour réduire les risques de débordement des lacs glaciaires causés par le recul des glaciers. Ce projet prévoit l'installation de pompes, pour ramener artificiellement le niveau des lacs en deçà des seuils de danger, et de systèmes automatiques de surveillance et d'alarme qui pourront également être appliqués aux mêmes fins dans d'autres régions.
- En Haïti, la promotion des technologies et des pratiques agricoles à l'épreuve du climat dans le cadre des écoles pratiques d'agriculture a amélioré les rendements agricoles en dépit des stress exercés par le changement et la variabilité climatiques. Les écoles pratiques d'agriculture ont été créées pour favoriser le transfert et l'adoption de technologies utiles pour l'adaptation, qui permettent de protéger la production agricole des chocs climatiques.

La réussite des transferts de technologies passe par le libre échange d'informations sur des projets tels que ceux-ci qui contribuent à sensibiliser les populations, à développer les expériences et à promouvoir la transposition des activités aux niveaux national et régional (FEM 2009a, FEM 2012a).

TABLEAU 3. ÉLÉMENTS DE TRANSFERT DE TECHNOLOGIES D'ADAPTATION INCLUS DANS LES PROJETS SUR LES ÉCOSYSTÈMES, L'AGRICULTURE, LA GESTION DE L'EAU, LA GESTION DES ZONES CÔTIÈRES, LA GESTION DU RISQUE DE CATASTROPHE ET LA SANTÉ HUMAINE

	Écosystèmes	Agriculture	Gestion de l'eau	Gestion des zones côtières	Gestion du risque de catastrophe	Santé
Transfert de technologies de l'information	Inclusion de techniques de lutte contre les ravageurs dans la gestion durable des forêts pour combattre les graves infestations dues à la raréfaction des pluies (Arménie).	Amélioration des prévisions saisonnières et de l'accès des agriculteurs aux informations climatiques saisonnières par l'intermédiaire des services de vulgarisation (Niger)	Pilotage de techniques innovantes, à petite échelle, de récolte, stockage, conservation et distribution d'eau à l'épreuve du climat (Cap-Vert)	Plantation / conservation des mangroves protectrices (Sri Lanka)	Amélioration des systèmes d'alerte précoce de sécheresse, et coordination des banques alimentaires et fourragères (Burkina Faso)	Systèmes d'information à l'appui d'évaluations intégrées du changement climatique et des risques de gestion et de planification à long terme de la santé (Fidji)
Infrastructure et équipements	Diffusion de technologies énergétiques de substitution pour réduire les stress causés par l'homme aux écosystèmes importants de mangroves où le bois de feu était collecté (Afrique de l'Ouest)	Promotion et diffusion de variétés et façons culturales tolérantes à la sécheresse, de connaissances sur l'agriculture sur sols arides (par ex. semis à sec, labour minimum, etc.) (Chine)	Modernisation des ouvrages d'irrigation en vue d'une utilisation plus efficace des ressources en eau (Malawi)	Installation de digues/brise-lames sur des sites côtiers très vulnérables (Pays insulaires océaniques)	Réduction des risques d'inondation dus au débordement des lacs glaciaires, par pompage artificiel du trop-plein et au moyen de systèmes automatisés de surveillance et d'alarme (Bhoutan)	
Renforcement des capacités, coordination et politiques	Mise à jour du zonage des zones côtières et de la gestion des pêches d'après l'analyse détaillée de la modification des fronts de salinité causée par le changement climatique (Uruguay)	Renforcement des capacités en vue du transfert de technologies d'adaptation appropriées, au profit des producteurs locaux de semences de variétés culturales plus résistantes, des agents ayant pour rôle de promouvoir les pratiques d'adaptation dans les services de développement de la production agricole, et des animateurs des écoles pratiques d'agriculture (Érythrée)	Formulation et application de cadres de gestion intégrée des ressources en eau limitées, en vue de définir les priorités d'affectation (Équateur)	Amélioration des capacités humaines et techniques (par ex. SIG) pour le suivi et la lutte contre l'érosion côtière (Afrique de l'Ouest)	Développement de la couverture des systèmes d'alerte précoce et amélioration des flux d'information rapide aux communautés côtières vulnérables (Bangladesh)	Développement des capacités et des connaissances des spécialistes de santé locaux au moyen de projets pilotes de prévention et de riposte sanitaire axés sur les maladies liées au changement climatique (Samoa)



Avec l'appui du FEM, Xingao Coking Group, établi dans la province chinoise du Shanxi, a montré l'applicabilité d'un procédé de pointe de cokéfaction propre, associé à la récupération de la chaleur des fours à coke en vue de la production d'électricité.

Le rôle du FEM dans le transfert de technologies

Succès du transfert de TER : Caractéristiques communes et enseignements

Les études de cas présentées dans ce document détaillent le processus de transfert de technologies respectueuses de l'environnement, et le rôle crucial joué par le FEM à différents stades. La réussite de ces opérations a plusieurs facteurs en commun, notamment :

- **Axer l'assistance du FEM sur les opérations aux effets transformateurs :** Les études de cas montrent que les financements apportés par le FEM à l'assistance technique et au soutien des investissements jouent un rôle essentiel en aidant les pays à lancer des projets pilotes au montage novateur, en compensant partiellement les coûts initiaux élevés des transactions et activités et en couvrant les risques au démarrage (Taylor et al. 2008). Cet appui ciblé s'inscrit dans le droit-fil du principe de financement du surcoût, selon lequel l'aide du FEM est employée pour étendre à l'échelle mondiale les retombées environnementales escomptées d'un projet national et, plus spécifiquement, pour couvrir le surcoût encouru pour transformer les projets en opérations plus respectueuses de l'environnement.
- **Comprendre les obstacles et s'y attaquer :** Les projets pilotes et témoins pourraient s'avérer le
- moyen le plus concret d'abattre les obstacles au transfert de technologies, en montrant comment et où les TER peuvent être appliquées. Le projet de briqueterie au Bangladesh permet d'éliminer certains des empêchements fréquents rencontrés dans ce secteur par rapport aux techniques, aux capacités et à la commercialisation, en reproduisant des activités dont l'applicabilité a été démontrée dans d'autres pays d'Asie avec l'aide du FEM. Le projet de montage financier novateur réalisé en Hongrie a contribué à supprimer des obstacles institutionnels et économiques liés au manque d'incitations économiques à la maîtrise de l'énergie et à l'absence d'expérience en matière d'offre et de service des prêts dans ce domaine. Il faut aussi entreprendre des évaluations de base réalistes et identifier des solutions pouvant raisonnablement être mises en œuvre pendant la durée de vie des projets afin de lever les barrières.
- **S'assurer de l'engagement et du soutien durable des partenaires :** Toutes les études de cas font état d'un engagement fort et durable de la part des partenaires locaux et nationaux en vue de la planification, de l'exécution et de la gestion des différents volets des projets. Les projets présentés ici ont été réalisés en plusieurs phases échelonnées sur des périodes prolongées, ce qui souligne l'importance d'une adhésion marquée des partenaires. Le degré d'engagement sera un critère

important pour l'identification d'autres projets de transfert de TER.

- **Associer le secteur privé :** Les études de cas témoignent de diverses formes d'engagement du secteur privé, en tant que constructeurs des technologies pilotes, sous-traitants pour la conception et la construction, utilisateurs de TER dans le cadre de leur procédé de fabrication, et fournisseurs de services financiers. Chacun des projets a été l'occasion d'évaluer et d'améliorer les conditions d'intervention politiques et techniques afin de promouvoir la participation du secteur privé. Enfin, les projets qui ont donné les résultats escomptés reposaient dès le départ sur un modèle de fonctionnement clairement commercial.
- **Connaître les mérites respectifs des solutions technologiques :** Les projets présentés dans ces études de cas ont été riches en données et enseignements multiples qui étaient nécessaires pour mieux définir les avantages et inconvénients des TER pilotées dans ce cadre. Pour justifier leur transposition et les investissements dans ce domaine, les mérites relatifs des solutions disponibles doivent être mieux évalués. Ces technologies diffèrent par leurs caractéristiques financières, environnementales, socioéconomiques, géographiques et infrastructurelles, les besoins de capacités et les conditions politiques et institutionnelles nécessaires à la réussite du transfert de technologies. Les décisions visant à transposer ou prendre en charge une technologie donnée peuvent impliquer des engagements de longue durée, nécessitant des engagements à fort coefficient de capital et un respect des trajectoires fixées. Il faut par exemple évaluer les nombreux

systèmes de transports urbains propres et écologiquement viables avant d'en retenir un en particulier.

- **Appliquer durablement une approche globale :** Les transferts de technologies ne se font pas dans le vide, simplement en mettant du matériel à disposition. De même, les aides financières ne peuvent à elles seules résoudre les problèmes systémiques ayant un impact sur l'accès aux technologies. Les projets couronnés de succès présentaient tous des composantes de renforcement de l'action engagée, afin de garantir durablement l'efficacité des transferts de TER au vu des conditions locales. Ces composantes sont notamment : l'appui aux politiques, telles que les normes applicables au portefeuille d'énergies renouvelables et les garanties d'accès au réseau électrique ; les mesures d'incitation comme le soutien des investissements, les certificats énergétiques négociables, les crédits à la production et le rachat obligatoire de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables ; l'amélioration des conditions d'intervention sur les marchés ; le renforcement des capacités et des institutions au niveau national et sectoriel et à l'échelle de l'entreprise.

Ces constats vont dans le droit-fil d'une récente évaluation indépendante des projets de développement sobre en carbone réalisée par la Banque mondiale, selon laquelle l'aide apportée par le FEM au pilotage de transferts de technologies a très largement contribué à rassurer les clients sur les risques perçus (Banque mondiale 2010). Elle a aussi constaté que les projets exécutés avec succès ont favorisé le transfert et l'adaptation des technologies, politiques et pratiques financières aux conditions locales.



Avec l'appui du FEM, Xinggao Coking Group, établi dans la province chinoise du Shanxi, a montré l'applicabilité d'un procédé de pointe de cokéfaction propre, associé à la récupération de la chaleur des fours à coke en vue de la production d'électricité.

Les perspectives pour FEM-5

La stratégie définie pour FEM-5 dans le domaine « changements climatiques » vise un vaste portefeuille de technologies respectueuses du climat et écologiquement rationnelles, à même d'entraîner d'importantes réductions d'émissions de GES dans les pays bénéficiaires du FEM, en fonction de leurs situations nationales respectives, comme ce document l'a montré. Le FEM s'attache à promouvoir le transfert de technologies à divers stades de développement, qu'il s'agisse de montrer l'applicabilité de technologies innovantes et émergentes peu polluantes, ou de diffuser des technologies et pratiques écologiquement rationnelles à la rentabilité avérée.

La stratégie du FEM permet aux pays bénéficiaires de solliciter son concours dans des domaines très variés, dont la maîtrise de l'énergie dans l'industrie et le bâtiment, les technologies exploitant les énergies renouvelables, les réseaux de transport urbain basse consommation et peu polluants, la préservation et l'accroissement des stocks de carbone par la gestion rationnelle de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie (UTCATF) (Encadré C) et le soutien à l'innovation. Par ailleurs,

FEM-5 se distingue par une augmentation de l'aide apportée aux projets et programmes recoupant plusieurs domaines d'intervention. Mieux encore, le FEM appuie les projets bénéficiant de plusieurs financements internes qui visent à la fois l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets, comme le montre l'encadré D.

Autre fait notable, la récente révision de la stratégie de FEM-5 pour le partenariat avec le secteur privé a été approuvée en novembre 2011. La stratégie révisée privilégie les partenariats avec les banques multilatérales de développement afin de développer l'utilisation des instruments hors dons, et prévoit l'appui au transfert de technologies et à l'innovation dans les PME, comme l'illustre l'encadré E.

Le FEM est prêt à faciliter le transfert d'un large éventail de TER à de nombreux pays et intervenants, par son action de catalyseur de l'investissement, afin d'atteindre son objectif premier : aider les pays en développement et en transition à s'orienter vers un développement sobre en carbone. Avec les études de cas présentées dans cette publication, nous espérons inspirer de nouveaux pays, et les inciter à faire plus ample utilisation des technologies à faible intensité de carbone.



ENCADRÉ C — AMÉLIORATION DE LA GESTION ET DE L'UTILISATION DES TERRES EN VUE DE L'ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

À l'échelle mondiale, le déboisement est à l'origine de 15 à 20 % des émissions de GES, soit plus que les émissions de l'ensemble du secteur des transports. Un programme mis en œuvre durant FEM-5 vise à réduire ces émissions sur l'ensemble des activités d'utilisation des terres, de changement d'affectation des terres et de foresterie (UTCATF). Les catégories d'utilisation des terres recoupent globalement celles employées dans les inventaires nationaux présentés au titre de la CCNUCC : terres forestières, terres agricoles, prairies, zones humides (tourbières), peuplements humains, et autres types d'affectation. L'utilisation des terres et leur changement d'affectation peuvent être des sources d'émission ou favoriser le piégeage du carbone, tandis que leur gestion permet de réduire les émissions prévues ou d'améliorer la séquestration du carbone, ce qui contribue à atténuer le changement climatique. La lutte contre le déboisement et la dégradation des zones humides sont des démarches très efficaces de réduction des émissions de GES.

Les activités UTCATF ont pour objectif de : 1) préserver, reconstituer, améliorer et gérer les stocks de carbone dans les espaces forestiers et non forestiers, et 2) prévenir les émissions atmosphériques issues des stocks de carbone en réduisant les pressions exercées sur ces espaces dans l'ensemble du paysage terrestre. Leur succès sera mesuré par le nombre d'hectares de terres boisées et non boisées qui auront été restaurées et améliorées, les tonnes d'équivalent CO₂ évitées et piégées, et le nombre de pays adoptant des pratiques de bonne gestion. Les mécanismes de suivi des stocks de carbone seront au cœur de la mesure des progrès.

Le développement des stocks de carbone, l'amélioration de sa fixation dans l'ensemble du milieu naturel, et le recul du déboisement résultant des projets UTCATF créent des synergies qui atténuent le changement climatique et produisent d'autres effets positifs sur l'environnement mondial, notamment la protection de la biodiversité et la lutte contre la dégradation des sols qui contribuent à leur tour à améliorer la vie des populations. Le programme UTCATF appuie l'action engagée pendant FEM-5 au titre du mécanisme de gestion durable des forêts/réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts (GDF/REDD+), qui permet aux projets portés par le FEM de bénéficier d'un complément de financement en vue d'activités de gestion des forêts, et de répondre ainsi pleinement aux orientations de la CCNUCC, de la Convention sur la diversité biologique et de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. Les forêts étant une source de biomasse exploitable pour la production d'énergie, les activités UTCATF peuvent produire des synergies additionnelles dans le domaine « changements climatiques » du FEM, notamment en réduisant l'exploitation des forêts et en facilitant l'amélioration des stocks de carbone forestier par une gestion avisée, fondée sur l'investissement dans les technologies basées sur l'énergie renouvelable et la transformation des marchés de la maîtrise énergétique (par exemple, par la diffusion des cuisinières basse consommation).

Dans le domaine des activités UTCATF, les transferts de technologies innovantes concernent, entre autres, l'amélioration des technologies de production de charbon et les baisses de consommation associées. Le charbon est l'une des premières ressources énergétiques d'Afrique, et constitue une importante source de pollution et d'émissions de GES dans les villes où les pressions liées à l'urbanisation sont en constante augmentation. La production de charbon a un très faible rendement énergétique ; environ 90 % du carbone est libéré sous forme d'émissions, avant même que les 10 % restants ne soient livrés sous forme de charbon. Une production de bois fondée sur le reboisement et des techniques améliorées de gestion forestière, conjuguée à un meilleur rendement énergétique dans la production de charbon, aurait des retombées notables sur l'environnement mondial.

Bien qu'important pour la survie et le bien-être humain, le secteur de l'agriculture est responsable d'environ 14 % des émissions mondiales de GES, tout en étant l'une des causes fondamentales du déboisement et de la dégradation des sols. L'agriculture n'en demeure pas moins une importante solution aux changements climatiques. C'est pourquoi le FEM investit dans des projets d'agriculture durable et qu'il est tout acquis à la possibilité d'investir dans des solutions agricoles intelligentes au plan climatique, qui débouchent sur des effets positifs concrets pour l'environnement mondial (FEM 2012f).

ENCADRÉ D — QUESTIONS TRANSSECTORIELLES EN RAPPORT AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

En tant que mécanisme financier, le FEM jouit d'un atout majeur du fait de sa capacité à appuyer des activités de développement durable qui répondent aux besoins des pays bénéficiaires, tout en les aidant à tenir leurs engagements au titre de plusieurs conventions internationales. Les grandes conventions sur l'environnement ont souligné les liens existant entre leurs objectifs respectifs de protection de l'environnement mondial. Elles recommandent l'adoption de mesures visant à promouvoir la complémentarité et la synergie dans la recherche d'effets positifs multiples, tout en évitant toute forme de compromis ou d'effets pervers. C'est pourquoi, bien que les stratégies du FEM soient formulées par domaine d'intervention et très inspirées des directives reçues au titre des conventions, la conception des projets et la réalisation des activités s'inscrivent de plus en plus dans une recherche de synergies et de recoupements entre les différents domaines d'intervention, reflétant ainsi les besoins multiples des pays bénéficiaires.

Même si le FEM définit des objectifs spécifiques à chaque domaine d'intervention, de nombreux projets et programmes s'attaquent simultanément aux objectifs visés par plusieurs domaines. Un grand nombre de projets du FEM prévoit des activités plurisectorielles ; pendant FEM-4, on comptait un projet intersectoriel approuvé pour trois projets indépendants sur le changement climatique ; durant la première moitié de FEM-5, ce rapport était d'environ un sur un. À titre d'exemple, la mise en place de mécanismes favorisant le recours aux cuisinières basse consommation contribue à réduire le déboisement ; de même, la restauration des paysages forestiers en vue de fixer le carbone permet de s'attaquer plus efficacement au changement climatique, tout en produisant des effets positifs pour la diversité biologique, la lutte contre la désertification et l'amélioration des moyens de subsistance.

Mieux encore, le FEM appuie les projets bénéficiant de plusieurs financements internes qui visent à la fois l'adaptation au changement climatique (au moyen des financements du Fonds pour les PMA ou du Fonds spécial) et l'atténuation de ses effets (grâce au financement de la Caisse du FEM). Les premiers projets dotés de plusieurs financements internes ont été approuvés par le Conseil du FEM en mai 2011. Ils pourront continuer de bénéficier d'aides financières pendant la phase actuelle de FEM-5, une situation qui se prolongera très probablement durant les prochains cycles de refinancement.

En juin 2012, on comptait trois programmes et dix projets approuvés bénéficiant de plusieurs financements internes, à savoir :

Programmes:

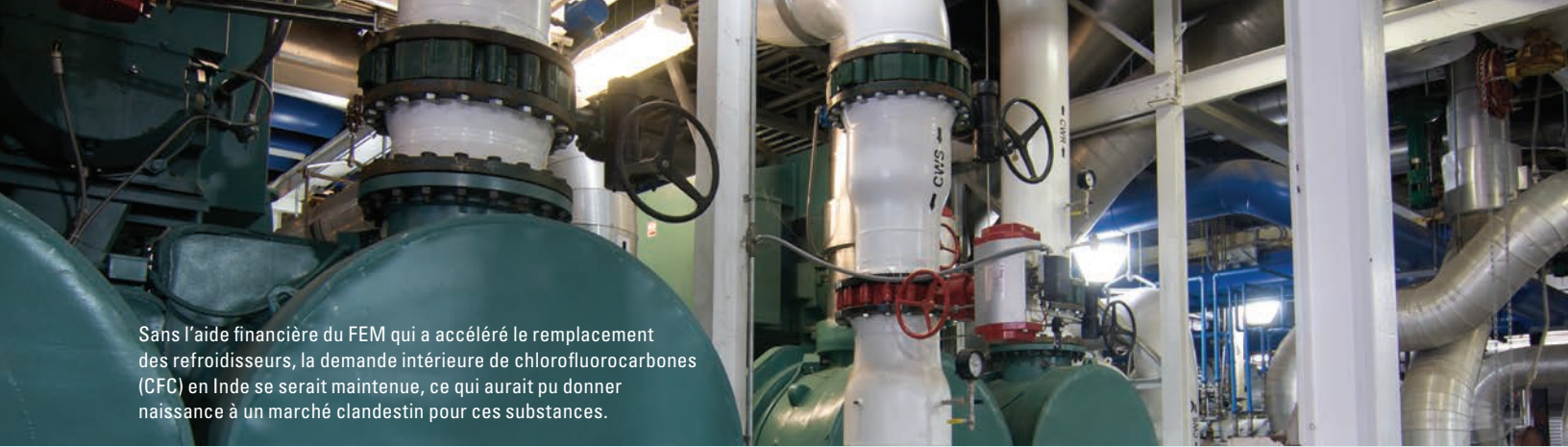
- Programme d'appui à l'initiative Grande muraille verte pour le Sahel et l'Afrique de l'Ouest, un programme régional au titre duquel les projets suivants ont été approuvés :
 - Gestion intégrée des sols et du risque de catastrophe (Togo)
 - Gestion de l'érosion et des bassins hydrographiques (Nigéria)
 - Projet d'appui à la production agricole (et gestion durable des sols et des ressources en eau) (Tchad)
- Programme d'appui aux moyens de subsistance dans les écosystèmes désertiques de la région Moyen-Orient et Afrique du Nord (programme régional)
- Programme forêts et diversité biologique dans le Bassin du Mékong (programme régional).

Projets indépendants :

- Réseau et centre financier pilotes pour les technologies climatiques dans l'Asie-Pacifique (projet régional)
- Adaptation au changement climatique pour réduire la dégradation des sols dans les petits bassins hydrographiques fragiles des municipalités de Texistepeque et de Candelaria de la Frontera (El Salvador)
- Gestion des écosystèmes naturels de Shire (Malawi)
- Mécanismes et réseaux de transfert de technologies climatiques en Amérique latine et Caraïbes (projet régional)
- Centre et réseau africains de financement des technologies climatiques (projet régional)
- Approche paysagère de la restauration et de la conservation des forêts (Rwanda)
- Centre régional de transfert de technologies climatiques (projet régional, Europe de l'Est et Asie centrale)

Chacun de ces projets comporte un volet changement climatique, axé sur l'adaptation ou l'atténuation, ou les deux dans de nombreux cas. En outre, la plupart d'entre eux impliquent un transfert de technologies, tout comme les quatre projets régionaux d'appui aux centres et aux réseaux sur les technologies climatiques au niveau mondial, régional et national. Ce sont là des éléments clés de l'appui du FEM au Mécanisme technologique de la CCNUCC, notamment le Centre et le Réseau des technologies climatiques (CRTC).

On comprend dès lors l'intérêt d'une entité unique telle que le FEM qui est à même de mobiliser des ressources pour s'attaquer à des questions transsectorielles impliquant le changement climatique.



Sans l'aide financière du FEM qui a accéléré le remplacement des refroidisseurs, la demande intérieure de chlorofluorocarbones (CFC) en Inde se serait maintenue, ce qui aurait pu donner naissance à un marché clandestin pour ces substances.

ENCADRÉ E — DES PARTENARIATS PUBLIC-PRIVÉ À L'APPUI DU TRANSFERT DE TECHNOLOGIES

Le FEM collabore avec le secteur privé depuis sa création, convaincu que pour avoir un effet sensible et durable sur l'environnement mondial, il faut encourager les entreprises privées, premiers acteurs économiques, à promouvoir des activités commercialement viables qui sont aussi porteuses d'effets positifs pour l'environnement mondial. Compte tenu des bons résultats de l'action menée pendant FEM-4 pour forger des partenariats avec le secteur privé, les parties à la reconstitution des ressources pour FEM-5 ont décidé de créer une réserve de 80 millions de dollars en vue de la collaboration avec le secteur privé.

La Stratégie révisée de mobilisation accrue du secteur privé pour FEM-5 (FEM 2011), qui a été approuvée en novembre 2011, privilégie les partenariats avec les banques multilatérales de développement afin de développer l'utilisation des instruments hors dons, et prévoit l'appui au transfert de technologies et à l'innovation dans les PME. Pour faciliter la mise en œuvre des programmes de partenariat public-privé dans le cadre de la stratégie approuvée, des modalités opérationnelles (FEM 2012g) ont été élaborées et présentées au Conseil du FEM en juin 2012. Elles décrivent le processus de préparation et de soumission de ces programmes, et son articulation dans le cycle des projets.

Conformément à la stratégie approuvée, le FEM a travaillé avec les banques multilatérales de développement pour mettre au point des programmes de partenariat en vue d'investissements au profit de partenaires privés pour la mise en œuvre d'activités qui seront porteuses d'effets positifs sur l'environnement mondial. En juin 2012, le Conseil du FEM a approuvé deux programmes régionaux de partenariat public-privé qui seront les premiers financés au moyen de la réserve constituée durant FEM-5 :

- *Le programme de partenariat public-privé du Fonds d'investissement multilatéral/Banque interaméricaine de développement ; et*
- *Le Programme de partenariat public-privé de la Banque africaine de développement.*

Ces programmes visent à utiliser des prêts accordés à des conditions libérales et des apports de capitaux pour promouvoir le transfert de technologies, stimuler le développement des énergies propres et protéger les ressources naturelles dans plusieurs pays d'Afrique et d'Amérique latine.

Le FEM continuera à travailler en collaboration avec les départements secteur privé des banques de développement en vue de la mise en place de programmes de partenariat public-privé. Ces programmes feront appel aux outils financiers les plus fréquemment utilisés, tels que les fonds de garantie des risques, les crédits renouvelables et les prises de participation, et puiseront dans la longue expérience des instruments hors dons acquise par le FEM. Le FEM et l'organisme partenaire pourraient par exemple établir un fonds pour l'apport de capitaux aux PME qui réalisent des projets d'énergie renouvelable dans les pays en développement, et pour contribuer au transfert de technologies viables dans de nouveaux endroits ou pour d'autres applications. Les PME ont souvent des difficultés à obtenir des financements suffisants et à des taux raisonnables, notamment dans les secteurs nouveaux ou les conditions d'intervention risquées. Ce fonds pourrait privilégier l'investissement dans les entreprises qui s'emploient à développer l'accès à l'énergie, travaillent avec les peuples autochtones ou encore aux entreprises dirigées par des femmes. Le fonds de participation permettrait un retour sur investissement, et les remboursements à l'organisme intéressé ou à la Caisse du FEM pourraient servir à financer d'autres investissements. D'autres partenariats public-privé pourraient être axés sur les prêts ou les mécanismes de garantie des risques et ce, dans n'importe quel domaine d'intervention.

Les programmes de partenariat public-privé peuvent être de puissants outils de promotion des transferts de technologies en soutenant les entreprises des pays en développement qui s'attachent à commercialiser des technologies écologiquement rationnelles ou à développer leur utilisation.

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

BTK	Four tranchée de type Bull
BUET	Université d'ingénierie et de technologie (Bangladesh)
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CFC	Chlorofluorocarbone
CFE	Commission fédérale d'électricité (Mexique)
CO ₂ eq	Équivalent dioxyde de carbone
CRTC	Le Centre et le Réseau des technologies climatiques
EBT	Évaluation des besoins technologiques
FCK	Four à cheminée fixe
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
Fonds pour les PMA	Fonds pour les pays les moins avancés
Fonds spécial	Fonds spécial pour les changements climatiques
GDF/REDD	Gestion durable des forêts/ Réduction des émissions résultant du déboisement et de la dégradation des forêts
GES	Gaz à effet de serre
GHK	Four à gaz de Hoffman
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
HHK	Four hybride de Hoffman
IFC	Société financière internationale
MOST	Ministère des sciences et technologies (Chine)
NREA	Agence pour les énergies nouvelles et renouvelables (Égypte)
ONG	Organisation non gouvernementale
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
PME	Petites et moyennes entreprises
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
SAIC	Shanghai Automotive Industry Corporation
SBSTA	Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique
TER	Technologie écologiquement rationnelle
UTCATF	Utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie

UNITÉS DE MESURE

GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt/heure
Km	Kilomètre
Kt	Kilotonne
kV	Kilovolt
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt/heure
MW	Mégawatt

BIBLIOGRAPHIE

- Banque mondiale. 2006. « Assessment of the World Bank/GEF Strategy for the Market Development of Concentrating Solar Thermal Power ». Washington, DC : Banque mondiale.
- Banque mondiale. 2010. « Phase II : The Challenge of Low-Carbon Development ». Climate Change and the World Bank Group." Independent Evaluation Group Study Series. Washington, DC : Banque mondiale
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 1995. « Stratégie opérationnelle du FEM ». Washington, DC : FEM.
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 2009a. « Financer l'adaptation au changement climatique ». Washington, DC : FEM.
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 2009b. « Investir dans la maîtrise de l'énergie : L'expérience du FEM ». Washington, DC : FEM.
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 2011. « Conseil du FEM : document GEF C.41.09.Rev1. » Washington, DC : FEM.
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 2012a. « Stratégie d'adaptation au changement climatique pour le Fonds pour les PMA et le Fonds spécial ». Washington, DC : FEM.
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 2012b. « Closing the Gap—GEF Experiences in Global Energy Efficiency ». Washington, DC : FEM.
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 2012c. « Investir dans l'énergie renouvelable : L'expérience du FEM ». Washington, DC : FEM.
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 2012d. « Investing in Sustainable Transport and Urban systems—The GEF Experience ». Washington, DC : FEM.
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 2012e. « Greening Opportunities at World Events—GEF Investment Experiences ». Washington, DC : FEM.
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 2012f. « Investing in Climate Change Mitigation Through Land Use, Land-Use Change, and Forestry (LULUCF) Activities ». Washington, DC : FEM.
- Fonds pour l'environnement mondial (FEM). 2012g. « Conseil du FEM : document GEF/C.42/Inf.08 ». Washington, DC : FEM.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2007. Quatrième rapport d'évaluation du GIEC. Rapport du Groupe de travail III « Atténuation des changements climatiques ».
- Ministère des Finances. 2010. « GEF in China ». République populaire de Chine.
- Sullivan, K. 2010. « China's Retail Auto Market ». *China Business Review*, juillet-août 2010.
- Taylor, R. Govindaraji, C., Levin, J., Meyer, A., et Ward, W. 2008. « Financing Energy Efficiency ». Washington, DC : Banque mondiale.

PHOTOS

Couverture : Danielo Victoriano, concours photo 2009 du FEM

Deuxième de couverture : Ministère chinois de l'agriculture

Page 2 : Istockphoto

Page 5 : ONUDI

Page 7 : Photothèque de la Banque mondiale

Page 8 : Istockphoto

Page 10 : Istockphoto

Page 13 : McKay Savage

Page 15 : Ministère chinois de l'agriculture

Page 16 : Ministère chinois de l'agriculture

Page 17 : Ministère chinois de l'agriculture

Page 19 : McKay Savage

Page 20 : Istockphoto

Page 22 : Fonds pour l'environnement mondial

Page 23 : Istockphoto

Page 24-25 : Ministère chinois des sciences et technologies

Page 29 : Istockphoto

Page 30 : Istockphoto

Page 31 : Ministère chinois de l'agriculture

Page 33 : Fonds pour l'environnement mondial

Page 35 : Ministère chinois de l'agriculture

Page 36 : Photothèque de la Banque mondiale

Page 38 : Ministère chinois de l'agriculture

Page 40 : Ministère chinois de l'agriculture

Page 41 : Photothèque de la Banque mondiale

PRODUCTION

Rédaction : Robert Dixon, Chizuru Aoki, Franck Jesus, Linda Heath, Alexis Mariani, Henan Xu, Zhihong Zhang et Rich Scheer.

Révision et édition : Bonizella Biagini, Josef Buchinger, Lars Christiansen, Elisabeth Collins, Saliha Dobardzic, Osamu Mizuno, David Rodgers, Xi Wang, Dimitrios Zevgolis et John Wickham

Impression : Professional Graphics Printing Co.
Original, novembre 2010,
Révision, novembre 2012

LE FEM EN BREF

Le FEM réunit 182 pays — en partenariat avec des institutions internationales, des organisations de la société civile (OSC) et le secteur privé — pour s'attaquer à des problèmes environnementaux à caractère mondial tout en encourageant un développement durable au niveau national. Il est aujourd'hui la première source de financement des projets qui visent à améliorer l'état environnemental de la planète. Organisme indépendant, le FEM accorde des aides financières pour réaliser des projets dans les domaines de la biodiversité, du changement climatique, des eaux internationales, de la dégradation des sols, de la couche d'ozone et des polluants organiques persistants. Ces projets ont des effets positifs pour l'environnement mondial, servant de trait d'union entre les enjeux environnementaux.

Depuis 1991, le FEM a à son actif un travail impressionnant avec les pays en développement ou en transition, auxquels il a accordé 10,5 milliards de dollars qui ont permis de mobiliser 51 milliards de dollars de cofinancement à l'appui de plus de 2 700 projets dans 165 pays en développement ou en transition. Dans le cadre de son programme de microfinancements, il a également accordé plus de 14 000 financements directement à des organisations de la société civile et des organismes de proximité, pour un montant total de 634 millions de dollars. Pour plus d'informations, visitez le site www.thegef.org

www.theGEF.org



FONDS POUR L'ENVIRONNEMENT MONDIAL
POUR INVESTIR DANS NOTRE PLANÈTE