

n° 06
novembre 2007

Série Evaluation et capitalisation



exPost
EXPost

Efficacité énergétique dans la construction au Liban

Evaluation rétrospective

Alain RIES

Département de la Recherche
Division Évaluation et capitalisation

Agence Française de Développement
5, rue Roland Barthes 75012 Paris < France
www.afd.fr



Préambule

L'objet de l'évaluation rétrospective est de formuler une opinion motivée sur la pertinence, l'efficience, l'efficacité, l'impact et la viabilité du projet financé au regard du contexte, de la politique et des procédures d'intervention applicables. L'évaluateur a examiné les réalisations du projet en fonction des objectifs qui étaient fixés et des finalités de développement. Il a par ailleurs procédé à l'examen du processus de préparation et d'exécution du projet dans ses différentes phases d'identification, d'instruction, de mise en œuvre et de suivi.

Les observations, appréciations et recommandations exprimées le sont sous la seule responsabilité de la Division de l'Evaluation et la capitalisation.

L'évaluation rétrospective du projet FFEM d'efficacité énergétique dans la construction au Liban a été réalisée en juin 2006.

SOMMAIRE

	Résumé et conclusions	7
1.	Pertinence et cohérence de l'intervention	11
1.1	Un projet visant l'amélioration énergétique dans l'habitat collectif	11
1.2	Un projet pertinent par rapport au contexte des secteurs de l'énergie et de la construction	11
1.3	Un projet présentant des complémentarités avec d'autres projets du FFEM	14
2.	Exécution du projet	14
2.1	Un partenariat franco-libanais efficace mais un ancrage institutionnel insuffisant	14
2.2	Un projet fructueux malgré un démarrage difficile	16
2.3	Un fonds d'efficacité énergétique inadapté à la mise en oeuvre de montants limités	18
2.4	Une organisation administrative et financière ingénieuse mais complexe	18
2.5	Des délais de réalisation importants	19
2.6	Une campagne de mesures riche en enseignements et qui mériterait d'être étendue	19
2.7	Une production intellectuelle substantielle et des actions de dissémination importantes au niveau du programme d'accompagnement	21
3.	Résultats	22
3.1	Un renforcement des outils et compétences pour la conception thermique des logements collectifs	22
3.2	Des innovations dans le domaine de l'eau chaude sanitaire solaire collective accompagnées de guides professionnels	22
3.3	Une bonne appropriation des résultats, un transfert de savoir-faire et la création de réseaux de professionnels du solaire	24
3.4	Des économies d'énergie et une réduction des émissions de CO ² localisées mais démonstratives	24
3.5	Un projet pilote valorisé au niveau national et régional dans un contexte international porteur pour les économies d'énergie	24

SOMMAIRE

4	Diffusion des résultats	26
4.1	Des premiers résultats en matière de normalisation et de réglementation de la construction auxquels le projet a contribué	26
4.2	Un contexte de tarification de l'électricité parfois pénalisant, mais ouvrant des opportunités pour certains clients	27
4.3	Un projet ayant permis l'émergence d'un marché de l'eau chaude sanitaire solaire collective, mais se heurtant à de nombreux obstacles	28
5.	Enseignements et recommandations pour les programmes d'efficacité énergétique dans la construction	29
5.1	Réaliser au préalable un zonage climatique dans les pays présentant une grande diversité	29
5.2	Viser une amélioration de l'existant avec un surcoût acceptable tout en introduisant des innovations techniques utiles	30
5.3	S'appuyer sur des partenariats et veiller à mettre en adéquation ambition réglementaire et ancrage institutionnel	30
5.4	Prêter une attention particulière à la tarification de l'énergie	31
5.5	Développer des mécanismes de préfinancement et, plus largement, se pencher sur la question des incitations économiques	31
	Annexes	32
	Liste des sigles	44

Résumé et conclusions

I – PRÉSENTATION DU PROJET ET CONTEXTE DE L'INTERVENTION

Le 1er avril 1997, le ministère français de l'Écologie et du développement durable (MEDD) présentait au comité de pilotage du Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM), qui l'a accepté, un Projet d'efficacité énergétique dans la construction (PEEC) au Liban pour un montant de 868 959,40 €.

Ce projet consistait, à titre de démonstration, à mettre au point et en application des améliorations de conception énergétique pour l'enveloppe et les équipements de certains bâtiments neufs, à y effectuer des mesures puis, sur cette base, à développer au niveau national un programme d'accompagnement, visant la diffusion de meilleures pratiques pour l'efficacité énergétique dans la construction.

Plus spécifiquement, le projet devait permettre – à l'occasion de séminaires – de sensibiliser les décideurs libanais et les accompagner dans la préparation d'une nouvelle politique de maîtrise de l'énergie dans le secteur de l'habitat. Il devait inciter et contribuer à la mise au point de normes et règlements adaptés et faciliter les transferts de technologies permettant de renforcer les économies d'énergie dans la construction.

Sur un plan plus global, il s'agissait de diminuer les importations de produits pétroliers résultant de la consommation d'énergie dans l'habitat, de limiter la demande de pointe en électricité, qui commande les investissements en production, et de réduire les émissions de CO₂ – ce qui justifiait l'intervention du FFEM au titre de la lutte contre l'effet de serre.

Les grandes lignes et l'organisation du projet ont fait l'objet d'un accord avec le ministère libanais de l'Environnement (ME), en date du 18 novembre 1998. Celui-ci prévoyait que la maîtrise d'ouvrage soit déléguée à l'Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et que la convention de financement soit signée entre l'Agence Française de Développement (AFD) et l'ADEME, ce qui a été fait le 22 février 1999.

Il était également convenu que l'ADEME travaille en association

avec l'Association libanaise pour la maîtrise de l'énergie et pour l'environnement (ALMEE), dans des conditions qui ont été précisées par marché du 30 mars 1999. L'ADEME et l'ALMEE étaient en relation étroite depuis la création de cette association en 1990 et avaient réalisé ensemble l'étude de faisabilité du projet en septembre 1996.

Ce projet a été monté dans le contexte d'une économie quasi entièrement dépendante au plan énergétique des importations de produits pétroliers, y compris pour la production d'électricité. Le secteur de l'électricité, fortement déficitaire et aux capacités de production insuffisantes, offrait des perspectives de réorganisation.

Le secteur de la construction était en développement rapide, peu réglementé, avec des logements de qualité thermique médiocre générant l'inconfort ou une surconsommation d'énergie relativement importante.

II – EXÉCUTION DU PROJET

Le projet a été initié avec un important constructeur privé. Le programme prévu n'ayant pas pu voir le jour, faute de permis de lotir, il a fallu monter de nouveaux partenariats.

En définitive, le projet a comporté cinq programmes menés dans différentes zones climatiques, avec quatre opérateurs des secteurs privé, coopératif et social. Il a concerné dans une première phase (1999-2001) un chantier de promoteur privé à Zouk Mosbeh, au nord de Beyrouth puis, dans un deuxième temps (2002-04), une promotion dans un cadre coopératif à Maghdoucheh près de Saïda, deux orphelinats de la fondation Dar Al Aytam, très connue au Liban, dans la banlieue sud de Beyrouth (Ouzai) et dans la plaine de la Bekaa (Khirbet-Rouha) ainsi qu'un immeuble familial dans une zone résidentielle d'altitude (Aïn Aalak).

Les différents programmes ont été menés à bien sans pratiquement aucun incident. Les propositions techniques ont été bien acceptées.

Alors que l'ALMEE, structure associative légère, ne disposait ni de l'expérience ni des moyens administratifs et comptables lui permettant de gérer seule un projet de cette ampleur, que l'AFD n'avait pas d'agence sur place au moment où le projet a été identifié et que l'ADEME et l'ALMEE avaient des relations privilégiées de longue date, le montage administratif et financier avec l'ADEME s'est révélé ingénieux. Cette organisation a été économe en moyens.

De nombreux facteurs ont contribué à rendre le suivi administratif et comptable complexe. Le montage financier était une première entre les partenaires. Il a donc fallu le mettre au point, tenir compte des spécificités de chacun... De plus, un Fonds d'efficacité énergétique (FEE) avait été intégré dans le projet. Ce fonds, alimenté par le remboursement d'une partie des surcoûts d'efficacité énergétique financés par le projet, devait permettre de réaliser de nouvelles opérations. Utile dans son principe, il s'est révélé trop complexe pour des montants en jeu très limités. Il a été clôturé avec le projet, fin 2004.

La campagne de mesures conduite sur le site de Zouk Mosbeh a consisté à comparer des logements d'un bâtiment dans lequel des dispositions constructives ont été prises pour réduire les consommations d'énergie, tout en améliorant le confort des habitants, à d'autres logements représentatifs du parc immobilier libanais. Cette mini-campagne a apporté des éléments intéressants sur les consommations des équipements et la qualité des ambiances dans les logements. Elle a été une première utile dans un pays où les données sont rares. Il est cependant dommage que, pour des raisons budgétaires, elle n'ait pas pu être étendue pour mieux couvrir les différents profils de consommation.

La production intellectuelle liée au programme d'accompagnement a été substantielle. D'importantes actions de dissémination et de communication ont été conduites à travers des séminaires et des plaquettes de présentation, qui sont un point fort du projet.

Les séminaires réalisés ont porté sur la présentation des premiers résultats du PEEC, la conception des chauffe-eau solaires collectifs, les résultats et leçons de la campagne de mesures, la thermique du bâtiment et l'amélioration de la conception de l'en-

veloppe ainsi que la maîtrise de la demande d'énergie en secteur résidentiel. Le séminaire final portait sur le thème « Maîtrise de la demande d'énergie et municipalités ».

Ces séminaires ont permis la diffusion des documents produits, des interventions de professionnels et de fonctionnaires de haut rang et des échanges de vue. La participation a été importante, allant selon les séminaires de 25 à 150 participants de différentes professions.

En termes de communication, deux brochures ont été réalisées pour les inaugurations de Zouk Mosbeh et Maghdoucheh. Une brochure pédagogique illustrée de 32 pages, en arabe et en français, fait la synthèse du projet. Elle a été imprimée en 2 000 exemplaires dont 200 diffusés lors du séminaire final en décembre 2004. L'ALMEE poursuit sa diffusion.

III – RÉSULTATS

Le projet a permis un renforcement des outils et des compétences pour la conception des logements collectifs, avec l'établissement de zones climatiques au Liban et des recommandations en matière d'isolation présentées aux professionnels en partenariat avec les ordres des ingénieurs et architectes. Après avoir été sollicitée pour des fournitures aux sites pilotes, une entreprise a initié la fabrication sur place de profilés et cadres pour double-vitrage avec rupture de pont thermique.

Des innovations ont été introduites dans le domaine de l'eau chaude sanitaire solaire (ECSS) collective. L'installation de Zouk Mosbeh a été une première au Liban, de même que les contrats de garantie de résultats solaires (GRS) et les contrats d'entretien mis au point à cette occasion. Les leçons tirées de cette installation ont conduit à des améliorations sur un deuxième site (Maghdoucheh) et à la mise en place d'un comptage individuel de l'eau chaude consommée.

Le transfert de conception et de technologie s'est fait apparemment assez facilement, dès lors que les défauts de jeunesse de la première installation ont pu être corrigés et que celle-ci s'est révélée viable.

L'adaptation de guides techniques au contexte libanais a permis d'associer savoir-faire international et pratique locale, constituant ainsi un bon support pour les professionnels.

Les fabricants de chauffe-eau solaires (CES) se sont groupés en association pour stimuler le marché du solaire thermique. Une deuxième association de concepteurs et industriels a également vu le jour autour des intervenants des programmes pilotes.

Le projet financé par le FFEM est valorisé au niveau libanais et régional. Des complémentarités ont pu être trouvées au Liban avec deux projets du Fonds pour l'environnement mondial (FEM – standards thermiques dans les bâtiments et Lebanese Center for Energy Conservation Project [LCECP]). De plus, un projet d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment dans la région méditerranéenne (MED ENEC) de 4 millions d'euros est en cours de démarrage. Son approche s'apparente à celle du PEEC. Lors du séminaire de lancement, en mars 2006, chacun des pays de la zone MEDA a dû présenter une bonne pratique ou un projet innovant. Pour le Liban, c'est le PEEC qui a été retenu et présenté par l'ALMEE.

IV – DIFFUSION DES RÉSULTATS

Des résultats ont déjà été atteints en matière de normalisation et de réglementation de la construction ont été atteints. Une première norme thermique pour les bâtiments au Liban est en passe d'être publiée. Cette norme est proposée à titre volontaire jusqu'en 2010 pour permettre un temps d'essai et d'adaptation. Une nouvelle loi de la construction publiée fin 2005 introduit d'ores et déjà des dispositions favorisant la réalisation de doubles-murs. Le PEEC a contribué par ses recommandations à cette dynamique qui continue d'être appuyée par l'ALMEE.

Au Liban, on sait aujourd'hui concevoir, produire, installer et gérer des systèmes solaires collectifs de qualité mais sur un créneau rentable étroit. Le principal frein à leur développement est la tarification de l'électricité, qui ne reflète pas la réalité des coûts.

L'individualisme et le peu de confiance dans les systèmes collectifs d'immeubles constituent également un obstacle. De nou-

velles solutions techniques pourraient être essayées pour mieux prendre en compte cette contrainte. Par ailleurs, il existe une forte compétition dans l'usage des toitures d'immeubles (réservoirs d'eau, terrasses privatives...), ce qui limite la place disponible pour les capteurs solaires. De plus, le nombre d'opérateurs capables de faire des installations de ce type est limité et le coût du système de mesures associé à la GRS reste très élevé dans un marché concurrentiel.

En dehors des mesures réglementaires évoquées ci-dessus, la diffusion de l'énergie solaire au Liban repose aujourd'hui uniquement sur une logique de marché. Il n'y a pas d'incitation économique, par exemple sous forme fiscale ou de mécanisme de financement adapté. L'ALMEE a engagé une sensibilisation sur ce point et a avancé des propositions. Il manque cependant une étude précise sur le sujet.

V – ENSEIGNEMENTS ET RECOMMANDATIONS

Le projet a été réalisé durant une période de contrechoc pétrolier peu favorable à la question de l'efficacité énergétique dans la construction. L'évolution du contexte international rend ce sujet de plus en plus d'actualité, comme l'atteste indirectement le décollage récent du solaire au Liban.

Le secteur de la construction est dynamique mais produit des logements de qualité thermique médiocre. Cette situation est ressentie différemment selon les régions avec des besoins de chauffage et de climatisation variables, rendant les préconisations et la quantification des effets complexes.

Dans les pays présentant une grande diversité climatique, il est recommandé de démarrer les programmes d'efficacité énergétique dans la construction par un premier travail de zonage climatique permettant de sérier les enjeux.

Le projet a choisi de partir d'un existant que l'on cherche à améliorer par des techniques simples moyennant un surcoût de construction limité, de l'ordre de 5 à 10 %. Cette approche est pertinente. En effet, dans un marché immobilier très concurrentiel, les promoteurs privés rechignent à augmenter leur prix de vente

pour intégrer le coût des améliorations. Les acquéreurs préfèrent quant à eux, pour un budget donné, acheter plus grand que d'investir dans des améliorations.

Avec cette contrainte financière, les mesures les plus efficaces tant au niveau du bâti que des équipements ont été identifiées, négociées avec les opérateurs puis mises en œuvre avec succès. Une base de données précieuse a été constituée à cette occasion.

Une bonne pratique du projet a été de sélectionner les mesures proposées non seulement en fonction de leur impact énergétique, mais aussi en veillant globalement à ne pas compromettre la capacité du marché à les accepter pour des raisons de coûts.

Pour mener à bien cette opération, il a fallu monter des partenariats avec des promoteurs privés et des opérateurs sociaux. Il a fallu également articuler des prestations courtes d'experts français avec celles, plus durables et continues, d'experts libanais. Ce montage a bien fonctionné grâce aux relations établies antérieurement entre l'ADEME et l'ALMEE ainsi qu'à la qualité et à la reconnaissance mutuelle des deux équipes.

De plus, les sujets traités s'inscrivant dans une durée plus longue que celle d'un projet, il est d'autant plus important que la capitalisation soit faite auprès d'acteurs locaux pérennes.

Il est difficile de faire avancer des composantes réglementaires sans ancrage institutionnel fort, les préconisations nécessitant une prise de relais aux niveaux administratif et politique. Ce point n'est pas facile à traiter au Liban, a fortiori lorsque plusieurs ministères sont concernés.

Il est recommandé de s'appuyer sur des partenariats pour inscrire l'amélioration de l'efficacité énergétique dans une dynamique dépassant la durée limitée d'un projet. Un ancrage institutionnel fort est nécessaire lorsque l'on poursuit un objectif réglementaire.

La question de la tarification de l'énergie utilisée en l'absence d'amélioration énergétique est centrale. Ainsi au Liban, le blocage des tarifs de l'électricité – dont le coût de production s'accroît for-

tement – limite artificiellement les possibilités de développement des investissements d'amélioration de l'efficacité énergétique.

La structure des tarifs peut également rendre l'analyse et la communication complexes. Ainsi, avec des tarifs progressifs par tranche, les économies d'énergie seront d'autant plus intéressantes que le niveau de consommation du client est élevé.

Le projet a fait ressortir l'intérêt d'une politique énergétique consolidée combinant, dans le temps, réforme des tarifs et réduction de la consommation pour limiter l'accroissement de la facture pour la population, notamment parmi les couches les plus démunies.

Une analyse fine de la tarification de l'énergie et de ses incidences sur les programmes d'efficacité énergétique est à intégrer dès l'étude de faisabilité, dans la mesure où elle peut influencer la définition du projet. Elle doit également être vue comme une contribution à l'émergence d'une politique énergétique intégrée.

Le projet a fait apparaître un besoin de préfinancement des équipements énergétiques que les bénéficiaires ne peuvent pas toujours assumer. Complexe aux plans juridique, institutionnel et financier, cette question devrait être étudiée avec le concours d'un établissement de crédit. Plusieurs options sont possibles sur la nature de l'emprunteur : clients particuliers mais avec des montants unitaires faibles et des garanties difficiles à mettre en œuvre ou sociétés qui vendent de l'énergie d'origine solaire avec GRS. Compte tenu de la situation de départ, il était certainement prématuré de vouloir traiter ce sujet au niveau du projet.

Le préfinancement des équipements énergétiques est un point qui doit être examiné dès que le marché a atteint une taille suffisante pour qu'il soit possible d'intéresser un établissement de crédit. Cette question rejoint plus largement celle des besoins d'incitations, qui doivent être appréciés sur la base de bilans économiques des projets d'efficacité énergétique et parallèlement à des mesures réglementaires et de normalisation.

1. Pertinence et cohérence de l'intervention

1.1 Un projet visant l'amélioration énergétique dans l'habitat collectif

Le projet a pour objectif de démontrer la faisabilité technique et économique d'améliorations énergétiques dans l'habitat collectif. Il vise aussi, en utilisant les résultats de cette démonstration, à lancer une politique de maîtrise de l'énergie dans le secteur de l'habitat, par une sensibilisation des décideurs libanais et par un renforcement des capacités locales.

Moyennant un surcoût limité de l'ordre de 5 à 10 %, deux types d'amélioration sont introduits dans le programme :

- une conception thermique adaptée des bâtiments (isolation de la toiture et des parois, protection solaire, renforcement de l'étanchéité des parois et fenêtres, double-vitrage, ventilation mécanique contrôlée...);
- des équipements efficaces au plan énergétique (chauffe-eau solaires collectifs, lampes fluocompactes).

Le projet comporte un programme de réalisations physiques en deux phases, avec des campagnes de mesures. Il comprend également des mesures d'accompagnement au niveau national, avec :

- l'identification des principaux gisements d'économie d'énergie du secteur ;
- la mise au point d'outils pour les opérateurs libanais de la construction (méthodes de conception thermique du bâtiment et de dimensionnement des installations d'eau chaude solaire) ;
- la promotion d'équipements électroménagers plus efficaces et l'initialisation d'un programme de maîtrise de la demande d'électricité auprès des décideurs ;
- la mise au point d'une réglementation thermique minimum pour le Liban.

Ces différents thèmes devaient faire l'objet de séminaires de formation et de sensibilisation des décideurs (administrations,

promoteurs), opérateurs (architectes, ingénieurs) et usagers du secteur « environnement-énergie-bâtiment ».

Au-delà des résultats immédiats, la finalité du projet est ambitieuse. Il s'agit au plan macro-économique et de l'environnement de :

- diminuer les importations de produits pétroliers résultant de la croissance des consommations d'énergie dans l'habitat ;
- limiter l'augmentation de la demande de pointe en électricité qui commande les investissements en production ;
- réduire les émissions de CO₂ liées à la consommation d'énergie dans l'habitat, ce qui justifie l'intervention du FFEM au titre de la lutte contre l'effet de serre.

Ces objectifs devaient être atteints sur le long terme grâce à la diffusion des bonnes pratiques mises en œuvre dans les projets expérimentaux et à la levée des contraintes pesant sur leur développement identifiées à cette occasion.

Un cadre logique du projet a été reconstitué ex-post par la mission d'évaluation. Il est joint en annexe¹.

1.2 Un projet pertinent par rapport au contexte des secteurs de l'énergie et de la construction

Une énergie primaire presque totalement importée, reposant sur les produits pétroliers

La quasi-totalité de l'énergie primaire du pays est importée². La consommation s'est stabilisée depuis 1998, après une forte

¹ Ce document n'était pas demandé à l'époque.

² La production primaire locale n'atteint pas 3 %, essentiellement constituée par de l'hydroélectricité pour 1 000 GWh en année moyenne (0,086 Mtep) et par des énergies traditionnelles (0,030 Mtep).

croissance de 1992 à 1998, atteignant 5,3 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) en 2003.

En 2003, la facture énergétique représentait plus de 1,2 milliard d'USD, soit 6,7 % d'un PIB de 18 milliards d'USD. Le secteur de l'habitat/tertiaire compte pour 30 % dans cette consommation d'énergie, le transport pour 45 % et l'industrie pour 25 %. Le taux d'intensité énergétique – de 0,29 tep/1 000 USD de PIB – est analogue à celui des pays développés.

Une insuffisance de la capacité de production électrique, dans un secteur déficitaire qui offrait des perspectives de réorganisation

Lors de l'instruction du projet en 1996, le secteur électrique était en pleine restructuration, les années de conflit ayant profondément désorganisé la distribution d'électricité. La production n'arrivait pas à satisfaire la demande et des groupes électrogènes privés étaient utilisés pour pallier cette déficience. La facturation avait besoin d'être remise à niveau. Les tarifs étaient fortement subventionnés, avec notamment au moins deux tranches sociales en dessous du coût de production.

La compagnie publique Électricité du Liban (EDL) était donc largement déficitaire, des mesures de redressement (dont une augmentation des tarifs) étaient envisagées et une décision partielle de privatisation venait d'être prise.

Des actions ont été engagées. Le réseau de distribution électrique a été repris, en particulier dans le grand Beyrouth. La gestion des abonnés moyenne tension (MT – entreprises, bureaux...) a été améliorée de même que le recouvrement auprès des abonnés basse tension (BT). Des consultations pour la réforme des structures et des tarifs (étude EDF en 1999) ont été lancées.

Pour autant, les difficultés du secteur électrique restent une préoccupation majeure pour le Liban. Son déficit est l'un des

enjeux les plus importants pour enrayer la dégradation des finances publiques³ et le gonflement de l'endettement.

La puissance de pointe nécessaire pour satisfaire la demande est aujourd'hui estimée à 1 800/1 900 MW, pour une puissance disponible de l'ordre de 1 200/1 300 MW⁴. En dehors de Beyrouth, les délestages sont très importants pendant la journée.

Les tarifs n'ont pas été revalorisés alors que la facture du fuel importé pour les centrales est en très forte augmentation. Les pertes techniques et non techniques restent considérables.

Un secteur de la construction en développement rapide, peu réglementé, avec des logements de qualité thermique médiocre générant l'inconfort ou une surconsommation d'énergie relativement importante

Au lancement du projet, le secteur de la construction neuve au Liban se caractérisait par :

- un fort dynamisme lié aux besoins de reconstruction et aux investissements de la communauté libanaise à l'étranger ;
- une prépondérance du secteur privé, pour la vente plutôt que la location ;
- un développement rapide de la construction entre zéro et 1000 mètres, pour des grands logements⁵ sur quatre à six étages en moyenne, rendant pertinentes des actions sur ce type d'habitat ;
- l'absence de normes pour la construction, les principales concernant le génie civil et l'électricité ;
- le manque de prescriptions techniques sur la qualité ther-

³ Selon les estimations du FMI, le soutien financier du gouvernement et de la banque du Liban à EDL représentait en 2003 – soit avant la hausse très importante des prix des produits pétroliers – 2,7 % du PIB.

⁴ Il y a également la possibilité d'importer 150 MW de Syrie.

⁵ Une thèse réalisée par Nadine ADRA en 2001 montre que sur 348 permis de construire récents, la surface habitée moyenne est de 163 m² + 34,5 m² de balcons. Les logements sont vendus pour un prix au m² brut incluant les balcons et l'entretien des parties collectives, calculé au prorata.

mique des bâtiments et les équipements consommateurs ;

- l'absence de certification des produits de construction ;
- un contrôle technique exercé par les ordres des ingénieurs et architectes⁶.

Dans ce contexte, la construction présente les principaux défauts suivants :

- toitures plates très mal isolées,
- murs non isolés et certaines pièces non chauffées, ce qui entraîne des condensations sur les murs,
- étanchéité mal entretenue, entraînant des migrations d'eau à l'intérieur des murs par capillarité,
- fenêtres à simple vitrage clair et non hermétiques,
- absence de protection solaire efficace.

Cette situation provoque, outre la dégradation des matériaux, de fortes surconsommations d'électricité et d'énergie dans les logements et/ou un inconfort thermique en été et en hiver. Les choses sont vécues différemment selon les régions du Liban. La plaine littorale bénéficie en effet d'un climat de type méditerranéen : hiver doux et été chaud à forte humidité de l'air. L'arrière-pays se caractérise par un climat tempéré en altitude apprécié par les citoyens en été et par un climat subaride dans la plaine de la Bekaa et dans l'Anti-Liban (hiver froid, été chaud et sec).

⁶ L'Ordre des ingénieurs et architectes de Beyrouth (OIAB) pour la totalité des Mouhafazat (régions) sauf le Liban Nord et l'Ordre des ingénieurs et architectes de Tripoli (OIAT) pour le Liban Nord, instruisent les demandes de permis, examinent les surfaces et leur conformité au plan général de l'urbanisme, vérifient si les ingénieurs et architectes sont bien inscrits à l'Ordre et sont autorisés à signer les plans (quota annuel de surface par ingénieur et architecte). L'Ordre met son visa et perçoit une redevance proportionnelle au m². La demande de permis est transmise à l'échelon régional de la Direction générale de l'urbanisme (DGU) qui ne perçoit pas de taxes. Enfin, la demande est présentée à la municipalité qui délivre le permis de construire et perçoit une redevance. En fin de chantier, un permis d'habiter est délivré. Il est indispensable pour les branchements d'eau et d'électricité. L'ingénieur ou architecte signataire est responsable en cas de dommages ou de plainte. L'Ordre est chargé de l'enquête sur la conformité aux règles de l'art. Il n'y a pas de garantie décennale.

En l'état actuel de la construction, le besoin de chauffage est ressenti pendant plusieurs mois⁷. À l'inverse, une climatisation se révèle utile à basse altitude pour un bon confort l'été. En zone côtière, les plus riches installent depuis une quinzaine d'années des systèmes de pompes à chaleur réversibles (froid et chaud)⁸. Les autres installent des équipements de chauffage électrique d'appoint. La climatisation se répand rapidement avec la baisse du prix des appareils. Les ballons individuels fournissant l'eau chaude et fonctionnant à l'électricité sont très répandus.

Des actions proposées adaptées à la situation et innovantes pour l'eau chaude solaire collective

Dans ces conditions, les actions proposées par le projet au niveau du bâti ont présenté une avancée adaptée à la situation du secteur de la construction, aux capacités de mise en œuvre de la profession et au coût de la construction⁹.

L'introduction de l'eau chaude solaire collective a été une réelle innovation. Depuis le blocage des loyers, la gestion collective des propriétés est un véritable problème au Liban. La plupart des chaudières collectives ont été arrêtées au profit d'équipements individuels. Le projet s'est donc attaqué à un point faible du solaire au Liban sur le segment dominant de la construction neuve (immeubles de plus de quatre étages).

⁷ La durée de chauffage va d'un minimum de 1,5 mois à plus de sept mois selon les zones.

⁸ Plus l'altitude augmente, plus les besoins de chauffage sont importants et plus les chaudières individuelles au fuel sont nombreuses. Elles peuvent être utilisées pour la production d'eau chaude sanitaire.

⁹ Le coût de la construction est de l'ordre de 500 USD/m² (le prix de vente dépend bien sûr de la localisation) ce qui, pour un surcoût de l'ordre de 5 %, permettait un budget de l'ordre de 25 USD/m². Une sélection des mesures les plus efficaces a été faite au niveau de l'étude de faisabilité. Les actions proposées ont ensuite été négociées au cas par cas avec chaque opérateur.

Des campagnes de mesures rendues nécessaires par le manque de données statistiques fiables

Il est difficile au Liban d'obtenir des statistiques socioéconomiques (revenus, logements...), d'autant que le recueil des données a été interrompu pendant les années 1975-90.

En l'absence de comptage, les consommations d'eau ne sont pas connues et les concepteurs ont recours à des standards étrangers pour les consommations d'eau chaude. Pour l'électricité, les données d'EDL sont délicates à interpréter (raccordement à des groupes électrogènes de quartier, fraudes, logements vacants...) et les consommations des ménages par usage non connues.

Les campagnes de mesures sur le projet répondaient donc à un réel besoin.

1.3 Des projet présentant des complémentarités avec d'autres projets du FFEM

Après son lancement en 1997/98, le PEEC a été complété par deux projets financés par le FFEM. Le premier, d'un montant de 585 000 USD, porte sur le renforcement des capacités pour l'adoption et l'application de standards thermiques dans

les bâtiments. Mené conjointement par le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD) et la direction générale du ministère libanais des Travaux publics et des transports (MTPT), il s'est déroulé de février 2002 à mai 2005 et a pu bénéficier des acquis du PEEC démarré plus tôt.

Le second – le LCECP – a été conduit par le PNUD avec le ministère libanais de l'Énergie et de l'eau (MEE). Démarré en 2002 et d'une durée de cinq ans, ce projet de 4 400 000 USD avait comme objectif de créer les conditions nécessaires au démarrage d'audits énergétiques selon le modèle ESCO (Energy Service Company), qui n'existe pas au Liban. Il devait également mener des actions permettant le développement du marché des équipements à faible consommation énergétique. Le LCECP a rencontré des difficultés en 2004, qui ont entraîné le départ de son chef de projet national. Les conditions de son redémarrage étaient en cours de discussion en mars 2006.

L'équipe projet du PEEC a maintenu des contacts étroits avec ces deux programmes. Des échanges et réunions communes ont eu lieu avec les autorités (EDL, ministères) et un essai concerté de campagne de mesures élargie avec le LCECP a été esquissé mais n'a pas pu être concrétisé.

2 Exécution du projet

2.1 Un partenariat franco-libanais efficace mais un ancrage institutionnel insuffisant

Un bon partenariat franco-libanais à la base du succès du projet

Le projet initial a été élaboré par l'ALMEE et l'ADEME, qui ont réalisé ensemble une étude de faisabilité en septembre 1996.

L'ALMEE est une association libanaise sans but lucratif dont la mission est de promouvoir les utilisations efficaces de l'énergie au Liban et le développement des énergies renouvelables, champ étendu par la suite à d'autres thématiques environnementales¹⁰. Créée en 1990, l'ALMEE regroupe aujourd'hui une

quarantaine de membres d'origines complémentaires (universitaires, ingénieurs, fonctionnaires) ainsi que des membres honoraires. Elle organise des séminaires de formation, met en œuvre des études et publie des brochures de sensibilisation. Ses publications récentes sont présentées en annexe 2. Ses moyens financiers propres sont très limités, mais sa capacité de mobilisation d'acteurs libanais est importante.

L'ADEME est un établissement public français à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle conjointe des ministres chargés de l'environnement, de l'énergie et de la recherche,

¹⁰ L'ALME est devenue ALMEE.

et qui exerce des missions d'expertise, de conseil et d'assistance auprès des acteurs institutionnels et privés. Elle a pour mission de susciter, animer, coordonner, faciliter ou réaliser des opérations ayant pour objet la protection de l'environnement et la maîtrise de l'énergie. La coopération avec les pays de la zone Méditerranée est l'une de ses priorités à l'international.

L'ALMEE entretient depuis 1992 une coopération avec l'ADEME et c'est dans ce cadre que l'étude de faisabilité a été conduite¹¹.

Le MEDD français a présenté le projet le 1er avril 1997 au comité de pilotage du FFEM, qui l'a accepté. Les grandes lignes et l'organisation du projet ont fait l'objet d'un accord signé entre l'AFD et le ME libanais le 18 novembre 1998. Celui-ci prévoyait que la maîtrise d'ouvrage soit déléguée à l'ADEME et que la convention de financement soit signée entre l'AFD¹² et l'ADEME, ce qui a été fait le 22 février 1999. Il était également convenu que l'ADEME travaille en association avec l'ALMEE, dans des conditions qui ont été précisées par marché du 30 mars 1999.

En liaison étroite avec l'ADEME, l'ALMEE a assuré au Liban la bonne exécution des actions prévues au projet. Ces actions ont chacune requis l'intervention coordonnée d'experts français et d'experts libanais ainsi que, dans certains cas, l'utilisation d'instruments de mesures. Les actions techniques ont associé des prestations courtes d'experts français et celles, plus durables et continues, d'experts libanais, selon un budget indicatif de temps passé complété par un barème des coûts.

¹¹ L'étude initiale a été financée par les partenaires du projet et remboursée sur la convention du FFEM. Des compléments de faisabilité ont été réalisés sur financement direct du FFEM par trois experts, dans les domaines de l'organisation et de la gestion financière (Jacques Catry), de la réglementation énergétique et thermique (Gilles Olive) et de l'eau chaude solaire (Tecsol).

¹² Agissant pour le compte du ministère français de l'Économie, en application de l'article 5 de ses statuts et de la convention signée par le ministre de l'Économie lui confiant la gestion du FFEM.

À l'ADEME, un chef de projet a assuré la coordination et la gestion du projet et des contacts avec le secrétariat du FFEM sous la supervision du chef du département « pays tiers » qui avait la signature pour les transmissions des factures. Basé à Paris, le chef de projet, par ailleurs responsable de zone géographique à l'ADEME, effectuait des missions régulières au Liban (trois ou quatre par an).

L'équipe ALMEE comprenait pour l'essentiel quatre personnes. Un bureau pour le projet a été loué à proximité du premier chantier où l'équipe se réunissait pratiquement chaque semaine. Outre des échanges de mails, les comptes rendus des réunions étaient transmis à l'ADEME.

L'ADEME a passé trois contrats avec des experts français (Enertech, Tecsol, P. Diaz) chargés d'appuyer l'équipe libanaise de l'ALMEE et de réaliser des missions sur place aux moments importants du projet.

Ce montage a bien fonctionné grâce aux relations établies antérieurement entre l'ADEME et l'ALMEE ainsi qu'à la qualité et à la reconnaissance mutuelle des deux équipes.

Un ancrage institutionnel insuffisant

Le choix d'une tutelle du projet au niveau libanais par le ME s'explique probablement par son objectif de développement durable (réduction des émissions de gaz à effet de serre) et les conditions de saisine du FFEM. De création récente et doté de faibles moyens en dehors des projets internationaux, le ME a vu se succéder cinq ministres depuis la signature de la convention de financement. Quatre directeurs successifs ont été en charge du dossier.

La priorité affichée du ME n'était pas la réduction des gaz à effet de serre. Le ministère a d'abord privilégié la gestion des déchets ménagers ou dangereux, puis s'est progressivement intéressé à la qualité de l'air. Il est peu concerné par les questions de l'énergie. C'est au cours du projet que le MEE s'est structuré et a progressivement pris un rôle dans le projet, notamment au niveau des deux derniers séminaires. Par ailleurs,

le secteur de la construction est clairement contrôlé par un autre ministère, le MTPT.

Au Liban, les processus institutionnels sont difficiles, a fortiori lorsqu'ils concernent plusieurs ministères. Le comité de suivi prévu dans l'accord passé entre le ME et l'AFD a très difficilement été mis en place et n'a pu être réuni que deux fois. En revanche, la participation de hauts fonctionnaires a été importante lors des séminaires organisés par le projet.

2.2 Un projet fructueux malgré un démarrage difficile

Une première opération test qui n'a pas pu voir le jour

Le projet a été monté à l'origine avec la société Byblos Construction Company (BCCO), important constructeur privé très bien implanté dans la région de Jbeil (ancienne ville de Byblos à 30 km au nord de Beyrouth). La famille qui détient cette société contrôle aussi la société de distribution d'électricité de Jbeil et est également active dans la banque, l'assurance et différentes entreprises libanaises.

Une étude des améliorations possibles a été faite sur un programme en deux tranches de près de 23 000 m², à Byblos Blatt, sur un terrain pentu. Le permis de lotir n'a finalement pas pu être obtenu pour des raisons d'excès de densité sur la partie constructible du terrain. Il a donc fallu trouver une alternative à BCCO.

En définitive, un projet sur cinq sites avec quatre opérateurs différents des secteurs privé, coopératif et associatif

Le projet visait la réalisation d'améliorations dans des conditions réelles en s'appuyant sur des opérations immobilières financées et gérées par des opérateurs. Cinq opérations ont été réalisées dans différentes zones (localisation des sites en annexe 3).

La première opération de démonstration (1999-2001) a concerné un chantier de promoteur privé (Elissar) à Zouk Mos-

beh au nord de Beyrouth, à 150 m d'altitude. Ce chantier concernait 53 logements de tailles différentes répartis en trois blocs pour une surface brute totale de 3 900 m². Il est représentatif de la demande sociale d'accession à la propriété, avec un coût de construction de 436 €/m². Il comportait également quelques petits logements en locatif.

Cette opération a été la première à être mise en œuvre, en remplacement donc de la première phase du projet BCCO. Les bâtiments ont été inaugurés le 4 juillet 2000, permettant le démarrage de la campagne de mesures sur un échantillon de logements. Celle-ci s'est terminée en novembre 2002.

Quatre autres sites de démonstration ont été sélectionnés en phase 2 (2002-04), à la suite d'un appel à candidatures publié dans la presse.

Le site 2 est à Maghdoucheh, à 4 km de la mer près de Saïda, à 250 mètres d'altitude. Il comprend trois blocs de dix logements de 145 m² répartis en cinq niveaux sur 4 350 m². Le promoteur est une coopérative. Le financement des accédants à la propriété a été assuré dans le cadre d'un système réglementé¹³.

Les sites 3 et 4 correspondent à deux orphelinats, d'environ 5 000 m² chacun, de la fondation Dar Al Aytam, très connue et reconnue au Liban. Le premier se situe à Ouzāï dans la banlieue sud de Beyrouth. Il a été réalisé à partir d'une structure inachevée. Le second est un grand bâtiment multifonctionnel neuf à Khirbet-Rouha, dans la plaine de la Bekaa, au climat rude très froid en hiver¹⁴ mais bénéficiant d'un bon ensoleillement.

Enfin, le site 5 correspond à un immeuble familial de haute qualité à Aïn Aalak, dans une zone résidentielle d'altitude (800

¹³ Ce dispositif est limité aux revenus modérés (environ 1 000 USD/mois). Le prêt est accordé en livres libanaises (LEP) avec une mensualité ne devant pas dépasser 30 % du revenu et une durée du remboursement calculée en conséquence. Il est encadré, soutenu et garanti par une organisation publique de l'habitat dont la gestion est confiée aux banques privées.

¹⁴ Lors du passage de la mission le 27 mars 2006, la température nocturne était de -2°. Elle peut descendre jusqu'à -15°.

mètres). D'une superficie brute totale de 1 836 m², il se répartit en six appartements dont deux duplex.

L'ensemble représente une surface d'environ 20 000 m².

... qui a été mené à bien et se révèle beaucoup plus riche en enseignements que le projet initial

Les chantiers des sites 2 à 5 se sont déroulés entre 2002 et 2004. Il n'y a pratiquement pas eu d'incidents, en dehors de quelques retards classiques de chantier. Une partie des capteurs sur le site 4 a gelé et il a fallu les reprendre, vraisemblablement en raison d'une adjonction insuffisante. Le détail des cinq opérations et des améliorations mises en œuvre est reporté en annexe 4.

Les améliorations proposées par les experts français ont été acceptées et mises en œuvre avec quelques variations :

- le double-vitrage en zone côtière n'est accepté que s'il y a climatisation d'été ;
- les compteurs individuels d'eau chaude n'ont pas été mis en place à Zouk Mosbeh mais l'ont été ensuite à Maghdoucheh ;
- l'isolation par doubles-murs est perçue comme une perte de surface utile.

Le programme réalisé se révèle beaucoup plus riche en enseignements que celui prévu à l'origine, puisqu'il a porté sur plusieurs zones climatiques et sur plusieurs opérateurs aux statuts et aux finalités différents. Le travail a été aussi beaucoup plus complexe. En effet, il a fallu négocier à chaque fois les améliorations avec des partenaires différents.

La palette d'améliorations a été plus large. Ainsi par exemple, alors que cela n'avait pas été prévu dans le projet, des protections solaires ont été réalisées pour l'orphelinat d'Ouzai. Elles ont été financées directement par la fondation qui a une politique systématique de qualité. Ce projet, difficile puisqu'il a fallu reprendre un bâtiment abandonné en cours de chantier, est remarquable par sa qualité architecturale bioclimatique.

2.3 Un Fonds d'efficacité énergétique inadapté à la mise en œuvre de montant limité

Un mécanisme de préfinancement des surcoûts énergétiques trop complexe...

Pour promouvoir l'émergence de programmes immobiliers économisant l'énergie, le projet a apporté :

- une subvention limitée à 10 % du chauffe-eau collectif sur chaque site ;
- une subvention de l'ordre de 30 % pour les améliorations sur le bâtiment dont les effets sont plus difficiles à évaluer et qui présentent une rentabilité différée.

Les travaux d'ingénierie impliqués par le projet (études, mesures, enquêtes, suivi technique...) ainsi que le programme d'accompagnement sont intégralement subventionnés.

Dans un marché immobilier très concurrentiel, les promoteurs privés rechignent à augmenter leur prix de vente du coût des améliorations. Les acquéreurs préfèrent quant à eux, pour un budget donné, acheter plus grand que d'investir dans des améliorations. Au vu de ces considérations, il a été décidé que les améliorations apportées seraient préfinancées par le projet pour la partie non couverte par la subvention. Les acquéreurs doivent quant à eux rembourser progressivement ce préfinancement dès lors que les campagnes de mesures ont fait la preuve de l'efficacité technique et économique des améliorations apportées.

Ces « restitutions » ne sont pas remboursées au FFEM, mais viennent alimenter un FEE. La deuxième raison d'être du FEE est de permettre, par la réutilisation des restitutions, le financement de nouveaux projets d'amélioration.

pour des enjeux financiers très limités...

Le FEE avait sa cohérence par rapport au projet initial de BCCO. Le promoteur avait une véritable compréhension de l'intérêt de ce type de programmes qu'il pouvait souhaiter reproduire et disposait par ailleurs d'un établissement bancaire. Une

procédure précise avait été mise au point par un consultant.

Les changements apportés au programme ont modifié l'intérêt du dispositif et sa cohérence. En effet, trois des cinq projets ont pu être montés sans préfinancement. À Maghdoucheh, le préfinancement a été très limité. Seul le premier programme a été véritablement concerné.

Au 31 décembre 2004, 1 200 USD avaient été remboursés sur le programme de Maghdoucheh et 24 612 USD sur celui de Zouk Mosbeh, montants insuffisants pour démarrer un nouveau programme.

... et une gestion lourde ayant conduit à son abandon à la clôture du projet

Le mécanisme n'a pas été facile à expliquer et à contractualiser. Son suivi était lourd pour une association telle que l'ALMEE. Il n'y avait plus de partenaire susceptible d'intéresser un établissement bancaire au montage du FEE. La logique a donc été d'arrêter le FEE à la clôture du projet, le 31 décembre 2004. Après audit externe satisfaisant, l'ALMEE a été autorisée à utiliser les fonds disponibles sur le compte FEE pour des actions de suivi¹⁵.

2.4 Une organisation administrative et financière ingénieuse, économe mais au suivi complexe

Une organisation ingénieuse

Dans un contexte où :

- l'ALMEE, structure associative légère, ne disposait ni de l'expérience ni des moyens administratifs et comptables lui permettant de gérer seule un projet de cette ampleur ;
 - l'AFD n'avait pas d'agence sur place au moment où le projet a été identifié ;
 - l'ADEME et l'ALMEE avaient des relations privilégiées de longue date
- il a été judicieux de s'appuyer sur l'ADEME dans les conditions développées ci-dessus (cf. point 2.1). Ce montage original a ensuite été reproduit pour d'autres opérations.

Une organisation économe

Les différences entre les réalisations et les montants budgétés s'expliquent pour l'essentiel par les variations intervenues

L'affectation des fonds¹⁶ est la suivante (en euros) :

Composantes	Budget phase 1	Budget phase 2	Total phases 1 et 2	Montant réalisé
Surcoûts opérations de démonstration	105 037,37	151 978,00	240 473,37	228 540,97
Équipements de mesure	51 111,07	7 324,55	57 335,62	56 697,94
Ingénierie des opérations de démonstration	87 985,94	38 044,42	123 629,29	121 845,63
Actions d'accompagnement	52 987,45	173 479,54	222 079,33	200 996,67
Coordination	45 734,68	68 602,09	118 097,42	118 097,42
Divers et imprévus	45 215,65	41 458,64	107 344,37	81 868,59
Total	388 072,16	480 887,24	868 959,40	808 047,22

¹⁵ La mission n'a pas trouvé de confirmation écrite de cette décision de bon sens.

¹⁶ Les composantes correspondent au découpage analytique du projet. Ce sont celles reprises dans la convention de crédit.

dans le programme (cf. point 2.2). Un budget révisé a été établi et approuvé par le secrétariat du FFEM avant le démarrage de la seconde phase. Les écarts constatés par la suite tiennent compte des variations du taux de change USD/€ qui ont eu une incidence sur les dépenses locales. Au final, un reliquat de 60 912,18 € a été annulé.

Par rapport à l'ampleur de la production, à la diversité et à la complexité des actions à mener, le projet s'est révélé économe en moyens. De fait, l'ADEME – maître d'ouvrage délégué – n'a imputé sur le projet qu'un montant forfaitaire de 55 357,16 € pour ses prestations. De son côté, l'ALMEE n'a disposé au titre du projet que d'un total de 42,25 personnes-mois répartis entre quatre experts, dont 16,25 personnes-mois pour les opérations de démonstration et 26 personnes-mois pour le programme d'accompagnement.

Un suivi complexe et mal vécu

Le montage financier était une première entre les partenaires. Il a donc fallu le mettre au point, tenir compte des spécificités de chacun... De nombreux facteurs ont contribué à rendre le suivi administratif et comptable complexe :

- un travail sur cinq programmes au lieu d'un seul, avec quatre maîtres d'ouvrages différents ;
- des négociations au cas par cas sur les améliorations et les subventions à apporter ;
- un FEE nécessitant explication, contractualisation spécifique, suivi de remboursements pour de faibles enjeux financiers ;
- deux comptes séparés pour les dépenses du projet et le FEE avec deux caisses d'avance ;
- des écarts euro/dollar¹⁷ lors des demandes de remboursement des caisses d'avance ;
- un manque d'uniformisation des présentations budgétaires entre les partenaires ne facilitant pas le suivi et le contrôle de

¹⁷ La subvention accordée est en euros. L'économie libanaise est « dollarisée », avec une parité à peu près stable depuis de nombreuses années (1 USD = environ 1 500 LEP avec des amplitudes allant de 1 498 à 1 507 LEP).

conformité des refacturations¹⁸ ;

- de nombreuses dépenses de faible montant pour les cinq programmes mais aussi pour l'organisation du programme d'accompagnement (séminaires...).

Dans de telles conditions, la gestion administrative et comptable a été unanimement critiquée.

2.5 Des délais de réalisation importants

Un délai de près de huit années entre l'octroi de la subvention et la clôture du projet et de six ans entre la signature de la convention et la clôture du projet

La subvention a été accordée le 1er avril 1997 pour un montant de 868 959,40 euros. Elle n'a été formalisée par convention que 22 mois plus tard, le 22 février 1999 pour les raisons évoquées ci-dessus (cf. point 2.2).

La convention a donné lieu à trois avenants successifs – le 7 août 2001, le 23 septembre 2003 et le 27 août 2004. La date limite de versement des fonds fixée initialement au 22 février 2003 a été prorogée au 30 avril 2004, puis au 31 décembre 2004.

Les principaux retards correspondent aux délais de démarrage de la première phase de travaux. Les délais de réalisation ont ensuite été normaux, compte tenu de la complexité du programme.

2.6 Une campagne de mesures riche en enseignements et qui mériterait d'être étendue

Une campagne de mesures qui a été une première au Liban

La campagne de mesures conduite sur le site de Zouk Mos-

¹⁸ Voir sur ce point le rapport d'évaluation de la phase 1 de Jacques CATRY, du 31 octobre 2000.

beh visait à comparer les logements d'un bâtiment dans lequel des dispositions constructives ont été prises pour réduire les consommations d'énergie tout en améliorant le confort des habitants, à d'autres logements représentatifs du parc immobilier libanais.

Les améliorations apportées à ce bâtiment sont les suivantes : isolation de la toiture, double-vitrage, isolation des murs extérieurs, enduit de façade étanche, protection solaire par des stores extérieurs en aluminium à toutes les fenêtres, production solaire collective d'eau chaude sanitaire, ventilation mécanique et bouches d'entrée d'air auto-réglables dans les menuiseries.

L'étude porte sur les consommations qui peuvent être affectées par ces modifications, à savoir celles liées à la production d'eau chaude sanitaire, de chauffage et, le cas échéant, de climatisation.

Cette campagne de mesures poursuivait un deuxième objectif – mieux connaître les caractéristiques de fonctionnement et le niveau de consommation de plusieurs types d'appareils électroménagers.

Enfin, des compteurs d'eau chaude et d'eau froide munis d'émetteurs à impulsions ont été posés dans la majorité des logements étudiés, de manière à quantifier les habitudes de consommation des usagers.

Les mesures et comptages individuels d'électricité sur tous les appareils à suivre et sur le compteur général ainsi que le relevé des températures ambiantes ont été effectués au moyen du système DIACE¹⁹.

¹⁹ Le système de mesures DIACE permet à la fois des mesures d'énergie ou de température et un transfert des données depuis les points de mesure jusqu'à un collecteur grâce à l'usage des courants porteurs. Les données collectées toutes les 10 mn par chacun des concentrateurs sont transférées chaque nuit à la station de collecte placée dans le bureau de l'expert libanais en charge de la supervision quotidienne. Une copie des fichiers est transférée à l'expert français chaque semaine. Les données brutes sont passées au crible d'outils destinés à vérifier la cohérence des enregistrements et à éliminer les données suspectes avant d'être introduites en bases de données puis d'être analysées.

La mise en place de ce type de campagne n'est pas évidente. Il faut l'accord des propriétaires des logements qui peuvent y voir une atteinte à leur vie privée. De plus, tous les logements ne disposent pas des mêmes équipements électriques.

Il s'agit de la première campagne de ce type au Liban.

Des résultats intéressants

Au niveau de la consommation générale d'électricité, les logements appartenant aux bâtiments performants consomment de 30 à 50 % de moins que les autres²⁰. Cela s'explique notamment par le fait qu'il n'y a pas de chauffe-eau électrique dans les logements performants (eau chaude solaire) mais aussi par la présence d'équipements de chauffage et de climatisation dans certains logements standards.

En ce qui concerne les températures ambiantes, on enregistre au mois de janvier un écart de plus de 2,5° entre logements performants sans chauffage et logements standards avec chauffage (respectivement 17° et 19,5°). La saison de chauffage dure environ 90 jours (décembre, janvier, février) et celle de climatisation, 133 jours.

Au niveau de l'équipement du logement, une fois la production électrique d'eau chaude sanitaire éliminée, la mesure la plus efficace pour réduire la puissance appelée au moment des pointes de consommation consiste à remplacer les appareils de froid existants par des modèles performants²¹. De leur côté, les lave-linge sont très peu gourmands²². La consommation totale d'eau s'élève à 120 litres par jour et par personne.

²⁰ La moyenne de la consommation générale des logements performants s'élève à 225 kWh/mois (62 kWh/mois/personne) et celles des autres habitations à 329 kWh/mois (82 kWh/mois/personne).

²¹ La consommation moyenne observée d'un réfrigérateur-congélateur est de 91 kWh/mois. À titre de comparaison, le niveau est de 49 kWh/mois en France. En été au Liban, la consommation des réfrigérateurs-congélateurs est supérieure de 75 %.

²² On enregistre en moyenne 2,5 cycles par semaine et par logement, avec plus de la moitié des cycles à froid.

Un échantillon qu'il aurait été intéressant d'étendre pour mieux couvrir les différents profils de consommation

Les moyens disponibles au niveau du projet ont limité l'échantillon à sept logements (quatre performants et trois standards). Cet échantillon est faible et, surtout, hétérogène au niveau des surfaces et du nombre d'occupants par logement.

Si les résultats sont précis au niveau des profils étudiés, ils ne couvrent pas l'ensemble des profils de consommation électrique au Liban. Une extension de la campagne a été envisagée avec les programmes FEM/PNUD mais elle n'a finalement pas été réalisée.

La mini-campagne de mesures faite par le PEEC reste donc unique au niveau du Liban. Ses résultats ont été largement diffusés (plaquette, séminaires), comme précisé ci-dessous.

2.7 Une production intellectuelle substantielle et des actions de dissémination importantes au niveau du programme d'accompagnement

Une production intellectuelle substantielle

Le projet a produit de nombreuses notes techniques, résultats intermédiaires et documents. L'annexe 5 récapitule les principaux documents de synthèse et de suivi produits par le projet. Ils portent sur :

- les résultats de la campagne de mesures évoquée ci-dessus ;
- le zonage climatique au Liban ;
- l'impact sur le confort thermique et les économies d'énergie des améliorations apportées sur l'enveloppe du bâtiment ;
- la maîtrise de la demande d'électricité au Liban ;
- l'impact sur les consommations en énergie électrique et les émissions de CO₂ du remplacement du chauffe-eau électrique pour la production d'eau chaude sanitaire dans le résidentiel par des chauffe-eau solaires ;

- une enquête sur les produits de systèmes solaires thermiques fabriqués au Liban ;
- un guide de conception, de dimensionnement et de réalisation des installations d'eau chaude solaire sanitaire.

Une dissémination à travers des séminaires et des plaquettes de présentation qui sont un point fort du projet

Six séminaires ont été réalisés (cf. annexe 5) :

- 22/10/2001 : présentation des premiers résultats du PEEC,
- 02/05/2002 : conception des chauffe-eau solaire collectifs,
- 27/02/2003 : résultats et leçons de la campagne de mesures,
- 12-13/12/2003 : thermique du bâtiment – amélioration de la conception de l'enveloppe,
- 15/03/2004 : maîtrise de la demande d'énergie en secteur résidentiel,
- 17/12/2004 : maîtrise de la demande d'énergie et municipalités.

Ces séminaires ont permis la diffusion des documents produits, des interventions de professionnels et de fonctionnaires de haut rang et des échanges de vue. La participation a été importante, allant selon les séminaires de 25 à 150 participants aux professions variées.

Notons qu'en termes de communication, deux brochures ont été réalisées pour les inaugurations de Zouk Mosbeh et Maghdoucheh.

Une brochure pédagogique illustrée de 32 pages, en arabe et en français, fait la synthèse du projet. Elle a été imprimée en 2 000 exemplaires, dont 200 diffusés lors du séminaire final en décembre 2004. L'ALMEE poursuit sa diffusion.

Les séminaires et inaugurations ont donné lieu à des articles dans la presse locale (cf. annexe 5).

3 Résultats

3.1 Un renforcement des outils et compétences pour la conception thermique des logements collectifs

L'établissement de zonages climatiques au Liban

Des premiers travaux sur le zonage climatique avaient été menés avant le projet. Ils étaient essentiellement fondés sur des critères géographiques (proximité de la mer, altitude...) et avaient besoin d'être approfondis avec un paramétrage plus complet (température, humidité relative, ensoleillement et nébulosité, degrés-jours d'hiver et d'été, régimes de vent). Ces données météo ont en effet une influence directe sur le bâtiment et sa consommation énergétique. Ces informations, fournies par le service de la météorologie nationale, ont été compilées et traitées par le PEEC.

Trois zones ont été définies : la zone A (hiver très doux et été humide et chaud), la zone B (hiver long et rigoureux et été agréable) et la zone C (hiver froid et été chaud et sec). Les zones A et B sont subdivisées en deux sous-zones.

Des recommandations en matière d'isolation...

À partir des travaux conduits sur le plan climatique et des résultats des mesures de consommation de l'énergie et du confort, le PEEC a recommandé des choix en matière de coefficient de transmission thermique des parois (U_{max}).

En tenant compte :

- des besoins en énergie pour un climat donné,
- des possibilités constructives,
- d'une recherche d'optimisation financière dépendant du coût de construction et du coût de l'énergie,

le PEEC a proposé des épaisseurs d'isolant de 2 à 5 cm (équivalent polystyrène) pour les murs et de trois à 6 cm pour les toitures, selon la zone climatique.

...présentées aux professionnels lors d'un séminaire spécialisé sur la thermique du bâtiment

Un séminaire sur la thermique du bâtiment a été organisé avec les ordres des ingénieurs et architectes en décembre 2003. Ces professionnels ont alors pu se faire une idée des outils fondamentaux de conception thermique du bâtiment utilisables au Liban²³.

Les propositions en matière de zonage climatique et d'isolation y ont été présentées et discutées de même que les résultats des autres améliorations apportées (enduit imperméable, ventilation dans les locaux à forte occupation...).

3.2 Des innovations dans le domaine de l'eau chaude sanitaire solaire collective accompagnées de guides professionnels

Une première installation à Zouk Mosbeh...

Avant le projet, il n'y avait pas de référence au Liban dans le domaine de l'ECSS collective avec chaudière d'appoint. Cette solution paraissait difficile à mettre en œuvre dans un contexte social communément reconnu comme individualiste. De plus, après des années de conflit et de blocage des loyers, la gestion des copropriétés s'est profondément dégradée.

Un véritable travail de persuasion a donc dû être entrepris pour pouvoir mettre en place ce système sur le site de Zouk Mosbeh. À ce niveau, le préfinancement des installations par le FEE s'est révélé véritablement utile pour convaincre le promoteur.

²³ À titre d'exemple, en saison fraîche, on cherchera à réduire les pertes de chaleur, à récupérer directement l'énergie sous forme passive, à exploiter les phénomènes thermiques, à utiliser un système efficace de chauffage... En saison chaude il s'agira de réduire les apports de chaleur, d'évacuer l'excès de chaleur, d'exploiter les phénomènes d'inertie thermique, de climatiser par un système efficace...

L'idée d'installer des compteurs individuels a été écartée, car elle semblait poser des problèmes insurmontables de gestion et de répartition des charges, celle-ci se faisant a priori au prorata de la surface des logements.

Des contrats de GRS et des contrats d'entretien ont été mis en place, ce qui a été une première au Liban.

Cinq grandes leçons peuvent être retirées de cette expérience²⁴ :

- après la mise en marche du système, les propriétaires se plaignaient de son rendement moyen. L'isolation a dû être renforcée, entraînant un surcoût par rapport à l'option initiale mais à la satisfaction des propriétaires ;
- trois mois après la première mise en marche, le système de mesures a commencé à donner des signes de dégradation du rendement. L'analyse a fait apparaître un blocage des échangeurs thermiques, coté circuit ouvert, du fait de dépôts de tartre. Des filtres ont été installés et des visites périodiques pour leur nettoyage et celui des échangeurs organisées ;
- la consommation moyenne par habitant dépassait les standards prévus du fait d'une facturation forfaitaire, ce qui a logiquement provoqué des besoins d'appoint de la chaudière au fuel ;
- le taux de production d'ECSS est élevé et il est possible d'arrêter les chaudières d'appoint sept mois par an, avec la pose de compteurs d'eau chaude pour ramener la consommation d'ECSS à un niveau normal ;
- la GRS s'est révélée indispensable pour détecter les problèmes techniques de jeunesse de l'installation et y remédier rapidement.

...ayant conduit à des améliorations sur un second site à Maghdoucheh, avec appropriation de la conception et de la fabrication par des sociétés libanaises.

La seconde installation a intégré les améliorations techniques apportées au premier programme. De plus, des compteurs

d'eau chaude ont pu être installés à l'extérieur des logements. L'un des propriétaires fait le relevé et répartit les charges communes (contrat d'entretien, fuel pour l'appoint) entre les appartements, au prorata des consommations. Il s'agit donc d'une avancée importante par rapport aux réticences initiales.

Les installations fonctionnent correctement et peuvent donc servir de référence. Il reste à suivre leur performance dans la durée et les réactions en cas de gros problème. La correction du suivi des installations est en quelque sorte garantie par le fait que les installateurs se servent des opérations pilotes comme référence pour leur société.

Alors qu'à Zouk Mosbeh les équipements avaient été importés, il a été possible à Maghdoucheh de recourir à des produits fabriqués localement. La conception a également été faite localement.

Le transfert de conception et de technologie de l'ECSS s'est donc fait apparemment assez facilement, dès lors que les défauts de jeunesse de la première installation ont pu être corrigés et que celle-ci s'est révélée viable.

Des guides professionnels pour l'eau chaude solaire adaptés au contexte libanais et diffusés aux professionnels

Le transfert de technologie sur l'ECSS a été accompagné par l'élaboration d'un guide de conception des chauffe-eau solaires collectifs diffusé lors d'un séminaire technique. Ce guide comprend des modèles de contrat de maintenance et de GRS incluant l'appoint par chaudière au fuel.

Le séminaire a été tenu en mai 2002. Seuls les résultats de la première installation ont pu être présentés, puisque la seconde n'avait pas encore été réalisée. Ce qui pose la question de la poursuite de la capitalisation de l'expérience du PEEC. Celle-ci est rendue possible par l'implication personnelle des membres de l'ALMEE et par l'intérêt des installateurs mais les moyens manquent pour formaliser des documents de capitalisation en dehors de présentations réalisées avec PowerPoint.

²⁴ Voir la note présentée au séminaire professionnel sur le solaire thermique du 2 mai 2002.

3.3 Une bonne appropriation des résultats, un transfert de savoir-faire et la création de réseaux de professionnels du solaire

Nous l'avons vu, les ordres des ingénieurs et des architectes jouent un rôle majeur au Liban. L'adhésion y est d'ailleurs obligatoire pour pouvoir exercer. Avec ses 28 000 membres, l'OIAB est l'ordre le plus important du Liban, devant ceux des médecins et des avocats. Celui de Tripoli compte pour sa part 9 000 membres.

Le partenariat avec l'OIAB et l'OIAT s'est donc révélé essentiel. Les séminaires ont été organisés avec eux et les résultats ont pu être diffusés par leur intermédiaire. Au niveau du bâtiment, les préconisations sont à la portée des entreprises locales.

La fabrication de nouveaux composants performants a été initiée. C'est ainsi qu'une usine de profilés aluminium, après avoir été sollicitée pour des fournitures aux sites pilotes, a décidé de démarrer la fabrication de profilés et cadres pour double-vitrage avec rupture de pont thermique. Les entreprises libanaises chargées de la conception et des travaux se sont bien approprié les technologies de l'ECSS.

Les fabricants de chauffe-eau solaires se sont groupés en une association pour stimuler le marché du solaire thermique. L'Association libanaise des industriels du solaire (ALIS) a pour président l'industriel qui a réalisé les installations à Maghdoucheh. Une deuxième association de concepteurs et industriels a vu le jour autour du maître d'œuvre du site de Khirbet-Rouha.

Les séminaires ont également associé les ministères concernés, les compagnies d'électricité et les municipalités ainsi que divers organismes du secteur de la construction.

3.4 Des économies d'énergie et une réduction des émissions de CO² localisées mais démonstratives

Le projet a montré que l'on peut obtenir des économies

d'électricité d'au moins 1 500 kWh/an par logement-type de 150 m² pour des surcoûts d'investissement de l'ordre de 5 %. Pour les 20 000 m² construits, cela représente une économie de 235 MWh/an.

La réduction des émissions en CO₂ est en proportion des réductions de consommations d'énergie, soit de 30 à 50 % par bâtiment.

Au-delà de ces effets localisés mais démonstratifs, il reste à diffuser plus largement ces résultats au niveau du secteur de la construction pour obtenir l'impact macro-économique visé à long terme par le projet.

3.5 Un projet pilote valorisé au niveau national et régional dans un contexte international porteur pour les économies d'énergie

Un projet MED-ENEC qui démarre selon une approche voisine du PEEC dont l'expérience se trouve valorisée au niveau national et régional

Le projet MED ENEC de 4 millions d'euros financé par des fonds européens est en cours de démarrage avec l'appui technique de GTZ. D'une durée de trois ans, il couvre les dix pays de la zone MEDA : Algérie, Égypte, Israël, Jordanie, Liban, Maroc, Territoires palestiniens, Syrie, Tunisie et Turquie. Le projet a deux bureaux, à Beyrouth et à Tunis. L'approche de MED-ENEC est très semblable à celle du PEEC financé par le FFEM.

Le but du projet est d'améliorer la connaissance des approches bioclimatiques de la construction et de nouvelles technologies, de mettre en évidence leur intérêt, de montrer leur faisabilité concrète et de promouvoir leur adoption et leur développement.

Plusieurs activités sont envisagées :

- campagnes de sensibilisation et d'information destinées tant aux institutions publiques qu'au secteur privé ;

- aide à l'élaboration des politiques dans les secteurs concernés, notamment en ce qui concerne les aspects financiers et fiscaux ainsi que les spécifications techniques et les procédures d'agrément et de certification ;
- identification d'initiatives pilotes à soutenir sur le budget du projet (dix projets, chacun subventionné à hauteur de 100 000 €) ;
- formation et mesures de renforcement de capacités ;
- transfert de savoir-faire et encouragement à la création de réseaux professionnels.

Le projet a été lancé officiellement en juin 2006, lors d'un séminaire qui s'est tenu à Damas au même moment que la mission d'évaluation. Des bonnes pratiques ont été présentées par chaque pays. Dans le cas du Liban, c'est le PEEC financé par le FFEM qui a été valorisé, avec une présentation faite par un membre de l'ALMEE.

Une forte délégation de l'ALMEE a participé à ce séminaire.

Un contexte international porteur pour l'amélioration des performances énergétiques

La plupart des pays européens ont leur propre réglementation thermique des bâtiments depuis de nombreuses années. Dans la majorité des cas, ces réglementations ont été inspirées par la première crise pétrolière et ont concerné la réduction de demande de chauffage. Si les besoins varient d'un pays à l'autre, la plupart de ces réglementations sont basées sur une adaptation de l'isolation aux conditions climatiques locales ; elles considèrent et favorisent également les apports solaires passifs ; quelques-unes prennent également en compte la perméabilité des bâtiments, la présence de ponts thermiques et d'autres éléments de l'enveloppe affectant ses performances en hiver²⁵.

²⁵ Voir l'étude de 2004 du Centre scientifique et technique du bâtiment (France) : « Performance énergétique des bâtiments : procédures de calcul utilisées dans les pays européens ».

On ressentait moins le besoin de climatisation dans les années 1970 qu'aujourd'hui. Ce qui explique pourquoi, dans la majorité des cas, les pays révisent leur réglementation régulièrement pour tenir compte de l'expérience et du nouveau contexte. C'est naturellement le cas de la France, dont la dernière réglementation (datant de 2000) est en cours de révision.

L'Union européenne a adopté en décembre 2002 une directive sur la performance énergétique des bâtiments qui, parmi d'autres objectifs, demande aux États membres de réviser leurs réglementations thermiques des bâtiments en utilisant une méthode commune tracée, en termes généraux, par la directive elle-même.

La directive définit cinq obligations pour les États membres :

- harmonisation des méthodes de calcul de la performance énergétique des bâtiments ;
- établissement de performances minimales pour les bâtiments neufs et en cas de réhabilitations importantes ;
- certification obligatoire des bâtiments ;
- inspections régulières des systèmes de chauffage et de climatisation ;
- accréditation d'experts chargés de la certification et des inspections des chaudières et des installations de climatisation.

Le contexte international est évidemment porteur, avec le triplement du prix du baril depuis 2004 qui va appeler de nouvelles réactions des pays.

Au niveau européen, on peut signaler un livre vert sur « L'efficacité énergétique ou comment consommer mieux avec moins » qui a été publié en juin 2005.

Le projet a permis de montrer la faisabilité d'améliorations énergétiques, d'identifier des bonnes pratiques et de les diffuser auprès de professionnels et de décideurs.

4 Diffusion des résultats

La transformation de ces résultats au plan national passe par la mise en place progressive de normes et réglementations pour la construction neuve et, ensuite, par la réhabilitation des immeubles existants. Elle passe également par la transformation accélérée des parcs d'équipement.

Le PEEC a produit des données et analyses plus que substantielles avec des moyens financiers limités (808 000 €). Pour que leur impact soit plus important, de nouveaux programmes doivent se les approprier. Or, des freins ont été identifiés qui, pour certains d'entre eux, nécessitent des décisions politiques.

4.1 Des premiers résultats en matière de normalisation et de réglementation de la construction auxquels le projet a contribué

Des avancées en matière de normalisation thermique pour les bâtiments au Liban avec une contribution du PEEC

Une étude de normalisation thermique des bâtiments au Liban a été réalisée dans le contexte du projet régional « Capacity building for the adoption and application of thermal standards for buildings » couvrant le Liban et les Territoires palestiniens et financé par le FFEM. Ce projet s'est déroulé de février 2002 à mai 2005, avec des synergies et des apports du PEEC. Le résumé du projet fait explicitement référence au projet PEEC financé par le FFEM. Des réunions de concertation communes avec les autorités ont été tenues pour les deux projets.

Pour déterminer le niveau optimal d'amélioration de l'enveloppe, le coût additionnel a été comparé aux économies énergétiques pour le chauffage et la climatisation. Le PEEC a contribué à ce travail en apportant des éléments de coûts réels au Liban, à travers les opérations pilotes. Les travaux en amont sur le zonage climatique ont également été mis à disposition.

L'étude d'impact fait explicitement référence aux travaux de l'ALMEE et du PEEC. Sur la base d'un prix du baril de 24 USD et d'un prix de l'électricité de 0,146 USD/kWh en scénario moyen, le temps de retour moyen des améliorations proposées est compris entre deux et neuf ans pour les bâtiments résidentiels selon les zones climatiques ; il est de 3,2 à 8,3 années pour les locaux commerciaux. Globalement cette proposition de normes accroît le coût de la construction de 5 %, chiffre en phase avec celui du PEEC.

Concernant la question de savoir si le marché libanais pourrait accepter des normes plus rigoureuses, l'étude d'impact note qu'il n'existe pas au Liban de fabricants de fenêtres et de matériaux d'isolation plus performants, ce qui implique de recourir aux importations. De plus, ces améliorations augmenteraient les coûts de construction jusqu'à 10 %, niveau pouvant compromettre la capacité du marché de la construction à accepter ces standards.

Dans la logique des étapes successives évoquées ci-dessus (cf. point 3.5), il s'agit dans un premier temps de familiariser le Liban avec le concept de norme thermique. Dans un second temps, il faudra envisager des standards en matière d'éclairage, d'eau chaude et de ventilation.

Après l'achèvement du projet du FFEM, l'Agence libanaise de normalisation (LIBNOR) a repris ce travail avec un comité technique associant les parties prenantes (ministères, associations, bureaux d'études et de contrôle, universités...). L'ALMEE participe à ce comité qui, conformément à son objectif, est en train de parvenir à un consensus technique. Selon la LIBNOR, la norme devrait être publiée à l'issue d'une ultime réunion de vérification.

Des prescriptions introduites dans la loi de construction fin 2005

La norme est proposée à titre volontaire jusqu'en 2010, pour permettre un temps d'essai et d'adaptation. Néanmoins, la nouvelle loi de construction au Liban publiée fin 2005²⁶ introduit

²⁶ Décret-loi n° 15874 du 5/12/2005 publié dans la Gazette de la République libanaise n° 56 du 12/12/2005.

d'ores et déjà des dispositions favorisant la réalisation de doubles-murs. La surface de ces murs est incluse dans la surface commercialisable²⁷. Le PEEC avait fait une préconisation dans ce sens.

La nouvelle loi introduit, de manière optionnelle dans certaines zones et obligatoire dans d'autres, des combles avec toiture inclinée. Cette disposition améliore l'isolation du dernier étage et répond à un souci architectural dans les zones classées.

Une autre préconisation issue des travaux du PEEC est de prévoir dans la construction neuve une gaine montante pour les tuyaux d'eau chaude. Cette disposition peu coûteuse a pour objectif de préserver les possibilités d'installation ultérieure de l'ECSS. Elle n'a pas encore été adoptée.

Ces éléments montrent l'intérêt de la production d'idées nouvelles à travers le projet et du partenariat avec l'ALMEE pour les suivre et les faire avancer dans des processus de normalisation et de réglementation nécessairement plus longs que la durée de vie d'un projet.

4.2 Un contexte de tarification de l'électricité pénalisant mais ouvrant des opportunités pour certains clients

Au Liban, le tarif de l'électricité est très variable, selon les secteurs d'usage et les niveaux de consommation, ce qui a un fort impact sur la rentabilité des programmes d'efficacité énergétique.

La question de la tarification a fait l'objet d'analyses approfondies et de propositions du chef de projet de l'ADEME, qui ont été largement diffusées.

²⁷ Selon un architecte rencontré par la mission, l'avantage représenterait 20 m² par étage d'un immeuble, soit 12 000 USD environ à Jounieh. Un tel gain est jugé très attractif pour un promoteur, l'acheteur s'y retrouvant dans le temps avec des consommations moindres d'électricité. Cette réglementation a été précédée d'une phase expérimentale à Jounieh au cours de laquelle les 80 demandes de permis de construire avaient toutes intégré des doubles-murs.

Un tarif BT complexe pour le résidentiel et qui croît fortement par tranche de consommation, rendant les économies d'énergie d'autant plus intéressantes que le niveau de consommation est élevé

Pour la BT du secteur résidentiel, on dénombre cinq tranches de consommation avec des tarifs marginaux du kWh fortement croissants par niveau de consommation mensuelle, allant de 25 à 200 LEP/kWh²⁸. Viennent s'ajouter à cela des éléments liés à la puissance souscrite (par paliers de 5kW), une surcharge de réhabilitation (à deux niveaux) et une taxe municipale de 10 % sur le prix des kWh consommés.

Le coût marginal du kWh s'étale de 46,5 LEP à 168 LEP pour un ménage du premier quartile de tarif à un ménage du quatrième quartile. La rentabilité d'une économie d'énergie est donc fortement liée au niveau de consommation.

L'analyse et la communication sont donc complexes et cela d'autant plus que :

- les relevés de consommation sont irréguliers, rendant difficile pour un particulier la compréhension de sa facture ;
- les délestages étant fréquents en dehors du grand Beyrouth, il faut éventuellement ajouter une facture pour le générateur d'appoint ;
- les pertes non techniques sont importantes.

Des tarifs bloqués depuis 1994 et en dehors de toute réalité économique

Le tarif électrique du secteur résidentiel est resté bloqué depuis 1994. Une étude lourde de la tarification avec proposition de réforme a été faite par EDF en septembre 1999. Elle n'a

²⁸ Les tranches vont de zéro à 100 kWh/mois, 101 à 300, 301 à 400, 401 à 500 et 501 et plus, avec respectivement des tarifs de 35, 55, 80, 120 et 200 LEP/kWh. La moyenne de consommation d'un ménage du grand Beyrouth est de l'ordre de 440 kWh/mois tandis qu'à Byblos, en 1996, elle était de moins de 300 kWh/mois.

pas été suivie d'effet. Depuis lors, les coûts de production d'EDL ont fortement augmenté et le coût global pour le budget de l'Etat s'accroît (cf. point 1.2).

Le maintien d'une tarification ne couvrant pas les coûts directs limite fortement l'intérêt économique de mesures d'économie d'énergie. Le projet a préparé avec EDL des conseils pratiques pour économiser l'énergie électrique. Des brochures devaient être diffusées avec les factures électriques. Cela n'a malheureusement pas été le cas.

L'équipe projet a fait des propositions – qui n'ont pas été retenues à ce jour – combinant réforme tarifaire progressive et programme d'efficacité énergétique, présentant notamment l'intérêt d'intégrer une compensation pour les plus pauvres

Face à une réforme des tarifs politiquement et socialement bloquée, la proposition consiste à réformer le tarif résidentiel en plusieurs années et à faciliter la transition vers davantage d'efficacité énergétique à travers :

- un nouveau tarif pré-annoncé sur cinq à 10 ans,
- le ciblage de mesures spécifiques d'économie : eau chaude, réfrigérateur, éclairage...
- un programme incitatif progressif pour des équipements neufs performants.

Il s'agit en fait de combiner réforme des tarifs et réduction de la consommation pour limiter l'accroissement de la facture pour les populations modestes. Ce programme nécessite d'être organisé dans le temps. Il devrait par ailleurs générer des emplois pour l'économie libanaise.

Ces propositions ont été largement diffusées mais n'ont pas été retenues pour l'instant.

Des opportunités pour les clients MT

À cause des pointes de consommation le soir et en été, EDL a mis en place une tarification qui incite les gros clients à sortir du réseau pour fonctionner sur leur groupe de secours à cer-

taines périodes. Il existe ainsi pour les clients souscrivant plus de 100 kVA des tarifs MT à trois postes horaires : jour, pointe et nuit, pour respectivement 112, 320 et 80 LEP/kWh.

Ce tarif très contrasté offre des opportunités pour des projets d'efficacité énergétique dans des structures telles que les hôpitaux ou les hôtels, qui n'ont guère été examinées jusqu'à présent et pour lesquelles il n'y a pas de référence au Liban.

4.3 Un projet ayant permis l'émergence d'un marché de l'eau chaude sanitaire solaire collective mais se heurtant à de nombreux obstacles

Au Liban, on sait aujourd'hui concevoir, produire, installer et gérer des systèmes solaires collectifs de qualité mais sur un créneau rentable étroit

En intégrant les enseignements de Zouk Mosbeh, il a été possible de concevoir et produire localement à Maghdoueh un système d'ECSS collectif qui fonctionne de manière satisfaisante. Cette opération a permis de réduire sensiblement les coûts.

Après trois ans de fonctionnement, la mission a souhaité évaluer la rentabilité de cette installation par rapport à une situation de référence où chaque logement serait équipé d'un chauffe-eau électrique. Des calculs ont été faits avec l'ALMEE et la contribution active de l'agence AFD de Beyrouth. Ils sont synthétisés en annexe 6.

Les deux principaux paramètres sont la consommation d'eau chaude et la tranche tarifaire du bénéficiaire. La première est mal connue et dépend largement de comportements individuels, qui peuvent être influencés par le sentiment de la « gratuité » de l'eau chaude.

Avec une hypothèse de 45 litres d'eau chaude par personne et un tarif correspondant allant de 400 à 500 kWh par mois, le temps de retour serait de 3,3 ans sans GRS. Plusieurs variantes sont présentées. Il en ressort qu'avec les coûts actuels du solaire collectif et aux tarifs actuels de l'électricité, il existe

un créneau rentable mais étroit correspondant à des immeubles de logements assez grands et avec un nombre d'occupants suffisants pour amener la facture d'électricité dans les deux tranches supérieures du tarif.

Dans le cas des deux orphelinats, en l'absence d'eau chaude solaire, celle-ci serait fournie par une chaudière au fuel. La rentabilité des équipements solaires installés s'est fortement accrue depuis 2004 puisque les prix du fuel ont été revalorisés, à la différence de ceux de l'électricité (cf. annexe 6).

Des obstacles qui ne sont pas seulement économiques

Le principal obstacle au développement de l'ECSS est bien la tarification de l'énergie alternative sur une base ne reflétant pas la réalité des coûts. À cela ajoutent d'autres facteurs :

- l'individualisme et le peu de confiance dans les systèmes collectifs d'immeuble. Cette contrainte sociologique n'est pas facile à lever. De nouvelles solutions techniques pourraient être essayées pour mieux la prendre en compte²⁹ ;
- une forte compétition dans l'usage des toitures (réservoirs d'eau, privatisation des terrasses, climatiseurs...), qui limite la place disponible pour les capteurs solaires ;
- l'absence de gaine technique disponible rendant les tra-

voux d'installation trop coûteux ;

- le coût encore très élevé du système de mesures associé à la GRS dans un marché concurrentiel ;
- le nombre limité d'opérateurs capables de faire des installations de ce type ;
- le besoin de financement des installations.

Le marché du solaire reste limité en volume, mais il connaît apparemment une croissance très rapide

Il n'y a pas de données disponibles sur le marché du solaire au Liban en dehors d'une étude très complète de l'ALMEE mais dont les chiffres datent d'avant le choc pétrolier de 2004.

L'un des installateurs rencontré fait état d'une très forte croissance du marché, son chiffre d'affaires ayant triplé en un an. On observe une demande croissante d'études d'installations d'ECSS, y compris pour des immeubles anciens. Ce phénomène est alimenté par le bouche à oreille entourant des installations déjà réalisées.

La fondation sociale Dar Al Aytam construit de nouveaux orphelinats en intégrant les acquis des programmes précédents, dont l'ECSS.

5 Enseignements et recommandations pour les programmes d'efficacité énergétique dans la construction

²⁹ Production d'eau chaude solaire centralisée avec des capteurs communs en toiture et boucle d'eau chaude fermée en colonne technique. Chaque logement est équipé d'un ballon d'eau chaude individuel avec échangeur incorporé. L'appoint est personnalisé et dépend donc de la consommation de chacun. Il faut s'assurer par un système de vannes que la répartition des thermies d'origine solaire est équitable. Ce système, dont l'efficacité énergétique globale est probablement moindre, permettrait d'alléger la gestion des charges communes. Un système de ce type aurait été installé au Liban dans une copropriété privée.

5.1 Réaliser au préalable un zonage climatique dans les pays présentant une grande diversité

Le projet a été réalisé durant une période de contrechoc pétrolier peu favorable à la question de l'efficacité énergétique dans la construction. L'évolution du contexte rend ce sujet de plus en plus d'actualité, comme l'atteste indirectement le décollage récent du solaire au Liban. L'économie de ce pays est

en effet quasi entièrement dépendante au plan énergétique des importations de produits pétroliers, y compris pour la production d'électricité.

Le secteur de la construction est dynamique. Il est peu réglementé et les logements affichent une qualité thermique médiocre générant l'inconfort ou une surconsommation d'énergie relativement importante. Cette situation est ressentie différemment selon les régions, aux besoins de chauffage et de climatisation variables. Cela rend les préconisations et la quantification des effets complexes.

Pour les pays présentant une grande diversité climatique, recommandation est faite de démarrer les programmes d'efficacité énergétique dans la construction par un premier travail de zonage climatique permettant de sérier les enjeux.

5.2 Viser une amélioration de l'existant avec un surcoût acceptable tout en introduisant des innovations techniques utiles

Le projet a choisi de partir d'un existant que l'on cherche à améliorer par des techniques simples moyennant un surcoût de construction limité, de l'ordre de 5 à 10 %. Cette approche est pertinente. En effet, dans un marché immobilier très concurrentiel, les promoteurs privés rechignent à augmenter leur prix de vente du coût des améliorations. Les acquéreurs préfèrent quant à eux, pour un budget donné, acheter plus grand que d'investir dans des améliorations.

Face à cette contrainte financière, les mesures les plus efficaces tant au niveau du bâti que des équipements ont été identifiées, négociées avec des opérateurs du secteur privé mais aussi des secteurs coopératif et associatif puis mises en œuvre avec succès dans cinq de leurs opérations. Une base de données précieuse a été constituée à cette occasion.

L'introduction de l'eau chaude sanitaire solaire collective a été une véritable innovation au Liban. Le transfert de conception et de technologie s'est fait apparemment assez facilement, dès lors que les défauts de jeunesse de la première installation ont

pu être corrigés et que celle-ci s'est révélée viable.

L'adaptation de guides de conception et de capitalisation a permis d'associer savoir-faire international et pratique locale, constituant ainsi un bon support pour les séminaires de diffusion des résultats auprès des professionnels et des décideurs.

Les actions proposées devraient être sélectionnées en fonction de leur impact énergétique, en s'assurant des possibilités d'appropriation et de mise en œuvre par les entreprises locales, mais aussi en veillant à ne pas compromettre par des coûts trop élevés la capacité du marché à les accepter.

5.3 S'appuyer sur des partenariats et veiller à mettre en adéquation ambition réglementaire et ancrage institutionnel

Pour mener à bien cette opération, il a fallu monter des partenariats avec des promoteurs privés et des opérateurs sociaux. Il a également fallu articuler – autour de chacun des items traités et sous la conduite des chefs de projets – des prestations courtes d'experts français avec celles, plus durables et continues, d'experts libanais. Ce montage a bien fonctionné grâce aux relations établies antérieurement ainsi qu'à la qualité et à la reconnaissance mutuelle des deux équipes.

De plus, les sujets traités s'inscrivent dans une durée plus longue que celle d'un projet. D'où l'importance de favoriser une capitalisation auprès d'acteurs locaux pérennes.

Il est difficile de faire avancer des composantes réglementaires sans ancrage institutionnel fort, les préconisations nécessitant une prise de relais aux niveaux administratif et politique. Ce point est délicat au Liban, a fortiori lorsque plusieurs ministères sont concernés.

Il est recommandé de s'appuyer sur des partenariats préexistants et d'en développer de nouveaux pour inscrire l'amélioration de l'efficacité énergétique dans une dynamique dépassant

la durée limitée d'un projet. Un ancrage institutionnel fort est nécessaire lorsque l'on poursuit un objectif réglementaire.

5.4 Prêter une attention particulière à la tarification de l'énergie

La question de la tarification de l'énergie utilisée en l'absence d'amélioration énergétique est centrale. Ainsi au Liban, le blocage des tarifs de l'électricité, dont le coût de production s'accroît fortement, limite artificiellement les possibilités de développement des améliorations de l'efficacité énergétique.

La structure des tarifs peut également rendre l'analyse et la communication plus complexes. Ainsi, des tarifs fortement progressifs par tranche de consommation vont rendre les économies d'énergie d'autant plus intéressantes que le niveau de consommation est élevé.

Le projet a fait ressortir l'intérêt d'une politique énergétique consolidée combinant, dans le temps, réforme des tarifs et réduction de la consommation pour limiter l'accroissement de la facture pour la population, notamment pour les plus démunis.

Une analyse fine de la tarification de l'énergie et de ses incidences sur les programmes d'efficacité énergétique est à intégrer dès l'étude de faisabilité, dans la mesure où elle peut influencer la définition du projet. Elle doit également être vue comme une contribution à l'émergence d'une politique énergétique intégrée.

5.5 Développer des mécanismes de préfinancement et, plus largement, se pencher sur la question des incitations économiques

Le projet a montré qu'il y a un besoin de préfinancement des équipements énergétiques que les bénéficiaires ne peuvent pas toujours assumer. Complexe aux plans juridique, institutionnel et financier, cette question devrait être étudiée avec le concours d'un établissement de crédit. Plusieurs options sont

possibles sur la nature de l'emprunteur : clients particuliers mais avec des montants unitaires faibles et des garanties difficiles à mettre en œuvre ou société censée vendre de l'énergie d'origine solaire avec GRS. Compte tenu de la situation de départ, il était certainement prématuré de vouloir traiter ce sujet au niveau du projet.

Le préfinancement des équipements énergétiques est un point qui doit être examiné dès que le marché a atteint une taille suffisante pour qu'il soit possible d'intéresser un établissement de crédit. Cette question rejoint plus largement celle des besoins d'incitations, qui doivent être appréciés sur la base de bilans économiques des projets d'efficacité énergétique et parallèlement à des mesures réglementaires et de normalisation.

Annexes

Annexe 1	Cadre logique du projet « Efficacité énergétique dans la construction au Liban », 1999-2004
Annexe 2	Publications de l'ALMEE, hors PEEC, pendant la durée du projet
Annexe 3	Présentation des cinq sites
Annexe 4	Améliorations mises en œuvre sur les cinq sites du projet
Annexe 5	Liste des documents relatifs au PEEC disponibles à l'agence
Annexe 6	Calcul du temps de retour sur investissement d'une installation solaire du projet PEEC :

la coopérative d'habitat de Maghdoucheh – Liban-Sud

Économies d'énergie réalisées dans les orphelinats de la fondation Dar El Aytam à Ouzai et dans le nord de la Bekaa grâce aux installations solaires du projet PEEC

Cadre logique du projet
“Efficacité énergétique dans la construction au Liban”
1999-2004

Hypothèses critiques	Dispositif de suivi	Indicateurs	Hierarchie des objectifs
<ul style="list-style-type: none"> - Tarifs électriques fortement subventionnés - Pas d'incitations publiques aux économies d'énergie - Réglementation de la construction limitée 	<ul style="list-style-type: none"> - Rapports et statistiques sur l'énergie et l'environnement national pour les impacts à long terme - Données sur la croissance du marché de l'eau chaude solaire pour les impacts à court terme 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminution des importations de produits pétroliers résultant de la croissance des consommations d'énergie du secteur de l'habitat - Limitation de l'augmentation de la demande de pointe en électricité qui conditionne les investissements de production - Amélioration de la sécurité de la fourniture d'électricité - Réduction des émissions de gaz à effet de serre 	<p>Finalité</p> <ul style="list-style-type: none"> - Développer l'efficacité énergétique dans la construction au Liban
<ul style="list-style-type: none"> - Identification des maîtres d'ouvrage des sites expérimentaux - Volonté politique - Volonté politique - Mécanisme de compensation pour les plus pauvres - Montage institutionnel, juridique et financier complexe - Montants en jeu limités 	<ul style="list-style-type: none"> - Rapports d'activité du projet - Publication des manuels et comptes rendus des séminaires - Note de proposition - Modifications introduites dans la réglementation de la construction - Note de réflexion - Modification de la tarification - Rapport de suivi financier du FEE 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de programmes pilotes démontrant la faisabilité technique, l'intérêt environnemental et la rentabilité d'améliorations au plan énergétique de logements collectifs neufs - Guides de bonnes pratiques élaborés et séminaires de diffusion réalisés - Contribution à la mise au point d'une réglementation thermique minimum - Contribution à la réflexion sur les politiques de tarification de l'électricité - Mise en place d'un Fonds d'efficacité énergétique (FEE) permettant la reproduction de ce type d'investissement 	<p>Objectifs spécifiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - Montrer la faisabilité technique et économique d'améliorations énergétiques dans l'habitat collectif - Développer un programme d'accompagnement visant à promouvoir une expertise technique et un cadre institutionnel adéquat

Hiérarchie des objectifs	Indicateurs	Dispositif de suivi	Hypothèses critiques
<p>Réalisations attendues du programme</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de projets pilotes en vraie grandeur pour l'amélioration de l'efficacité énergétique - Renforcement des outils et compétences pour la conception thermique des logements collectifs - Renforcement des compétences dans le domaine de l'eau chaude solaire (ECS) - Initialisation d'un programme de maîtrise de la demande d'électricité et d'équipements électroménagers - Appui à l'élaboration d'une réglementation thermique ou d'une normalisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorations proposées au niveau de la conception des bâtiments (isolation de la toiture, des parois et des fenêtres) et des équipements énergétiques (chauffe-eau solaires, lampes fluocompactes) pour un surcoût global limité à environ 5 % - Guide de conception de l'enveloppe des bâtiments de logements collectifs adapté au contexte libanais - Adaptation d'un guide de conception des systèmes d'ECS - Adaptation d'un cahier des charges de référence pour les installations collectives avec garantie de résultats - Structuration du milieu professionnel - Collecte de données sur les marchés et caractéristiques des équipements électroménagers - Enquête sur les consommations électriques domestiques en régie de Jbeil - Proposition d'actions - Base de données météo pour le zonage climatique - Mission de cadrage pour préciser la nature de l'action réglementaire et mise au point d'un cahier des charges et d'un échéancier - Première série de recommandations 	<ul style="list-style-type: none"> - Base de données sur les consommations énergétiques et les paramètres d'ambiance - Analyse des résultats des mesures des consommations et des performances des systèmes installés - Publication du guide - Publication du guide et du cahier des charges - Création de l'Association libanaise des industriels du solaire (ALIS) - Publication d'une étude sur le marché solaire thermique au Liban - Publication des résultats de l'enquête - Publication des propositions - Plaque d'information avec EDL à distribuer avec la facture d'électricité - Suivi et traitement des données - Compte rendu de mission 	<ul style="list-style-type: none"> - Sujet techniquement complexe au niveau de l'analyse des paramètres - Besoin d'incitations - Problématique de l'information des consommateurs

Hiérarchie des objectifs	Indicateurs	Dispositif de suivi	Hypothèses critiques
<p>Sensibilisation et formation des acteurs (décideurs, architectes, ingénieurs, bureaux d'étude, grands opérateurs de la construction...)</p> <p>- Capitalisation et diffusion des résultats du projet</p>	<p>- Six séminaires et stages de formation avec l'ordre des architectes et des ingénieurs et associant les responsables de l'administration</p> <p>- Séminaire de clôture</p>	<p>- Note de préconisation</p> <p>- Séminaire de formation des concepteurs (architectes, bureaux d'étude, formateurs)</p> <p>- Séminaire pour les décideurs sur la conception thermique des logements</p> <p>- Séminaire de formation des professionnels ECS</p> <p>- Séminaire technique pour les professionnels du bâtiment et des équipements</p> <p>- Séminaire sur la maîtrise de la demande d'énergie (régies, EDL, ministères)</p> <p>- Séminaire sur la réglementation thermique</p> <p>- Brochure de synthèse</p> <p>- Plaquette</p>	
<p>Activité et moyens</p> <p>- Subvention FFEM de 868 959,40€</p> <p>- Chef de projet ADEME</p> <p>- Partenariat ADEME/ALMEE</p>	<p>- Décaissement des fonds et justification de leur utilisation</p> <p>- Mise en place du chef de projet</p> <p>- Signature convention ADEME/ALMEE</p>	<p>- Rapport d'audit</p> <p>- Rapports d'activité</p>	<p>- Pas d'agence AFD au Liban lors de l'instruction du projet</p> <p>- Procédures de projet spécifiques à mettre en place</p>

Productions de l'ALMEE, hors PEEC, pendant la durée du projet

Plaquettes ALMEE

L'efficacité énergétique dans la construction au Liban – Lutter contre l'effet de serre et le changement climatique, 2005. (FFEM)

Plan national libanais de développement du solaire thermique (bulletin de l'ALMEE), juillet 2005

Le marché du solaire thermique au Liban, juillet 2003

La lutte contre l'effet de serre au Liban, un enjeu de développement durable, mai 2002

Energy in Lebanon – Facing the 3rd Millennium, juillet 2001

Le transport au Liban, juin 2001

PEEC au Liban, mai 2000

La pollution atmosphérique au Liban, février 2000

Le solaire au Liban, 2000

Le Rimmel 2000 (Répertoire des métiers de la maîtrise de l'énergie au Liban)

Lettres de l'ALMEE (support ADEME et banque libano-française)

- ▣ Lettre n° 13, novembre 2005 : Le marché du solaire thermique
- ▣ Lettre n° 12, janvier 2005 : Les campagnes de mesure des consommations d'électricité
- ▣ Lettre n° 11, juin 2004 : La pollution atmosphérique à Zouk Mosbeh
- ▣ Lettre n° 10, janvier 2004 : Climatisation automobile, quels progrès attendre ?
- ▣ Lettre n° 9, août 2003 : Énergie, environnement et transport urbain : remèdes complexes pour un diagnostic simple
- ▣ Lettre n° 8, février 2003 : L'effet de serre
- ▣ Lettre n° 7, juin 2002 : La maîtrise de la demande d'électricité au Liban
- ▣ Lettre n° 6, décembre 2001 : L'architecture méditerranéenne
- ▣ Lettre n° 5, juin 2001: ADEME, changement climatique, étude de cas d'efficacité énergétique dans une industrie d'extrusion de plastique au Liban
- ▣ Lettre n° 4, novembre 2000 : Énergie, environnement et transports urbains. Impacts environnementaux des différentes filières de production d'électricité

Présentation des 5 sites

Présentation des 5 Sites

Les 5 sites du projet ont permis de répartir les démonstrations dans des régions géographiques et climatiques variées, avec divers types de maîtres d'ouvrage ; le total de surface bâtie atteint plus de 20 000 m². Le site 1 fut construit de 1999 à 2001, les sites 2, 3, 4, 5 de 2002 à 2004.



أتاحت مواقع المشروع الخمس توزيع التذليل في مناطق جغرافية ومناخية متنوعة؛ وقد وصل إجمالي المساحة المبنية إلى أكثر من ٢٠.٠٠٠ م^٢.

الموقع الأول

ذوق مصبح : ٢٣٩٠٠ م^٢
٣ مجموعات، ٥٣ مسكن بأحجام مختلفة
متعدد بناء خاص

الموقع الثاني

مغدوشة : ٢٤٣٥٠ م^٢
٣ مجموعات من ١٠ مساكن كل منها بمساحة ٢١٤٥ م^٢
موزعة على ٥ مستويات. تمويل تعاوني.

الموقع الثالث

الأوزاعي : ٢٥٠٠٠ م^٢
مبنيته أقيم على هيكل أعيد تأهيله
تمويل من قبل جمعية خيرية

الموقع الرابع

خربة روجا : ٢٥٠٠٠ م^٢
مبنيته جديد مع قسم داخلي وقاعات درس ومكاتب
تمويل من قبل جمعية خيرية

الموقع الخامس

عين علق : ١٨٣٦ م^٢
مبني عائلي : ٦ مساكن كبيرة، منها ٢
دوبلكس. تمويل عائلي

ite 1

■ ZOUK MOSBEH

3900 m², altitude 150 m, en banlieue nord de Beyrouth.
3 blocs, 53 logements de tailles diverses.
Promoteur privé.

ite 2

■ MAGHDOUCHEH

4350 m², altitude 250 m, à 4 km de la mer près de Saida.
3 blocs de 10 logements de 145 m² répartis en 5 niveaux.
Financement coopératif.

ite 3

■ OUZAI

5000 m², altitude 20 m, en banlieue sud de Beyrouth.
Orphelinat sur structure réhabilitée.
Financement par œuvre associative.

Site 4

■ KHIRBET ROUHA

5000 m², altitude 900 m, dans la Beqaa, à hiver froid.
Orphelinat neuf avec internat, classes et bureaux.
Financement par œuvre associative.

Site 5

■ AIN AALAK

1836 m², altitude 900 m, en région d'estivage, à hiver froid.
Immeuble familial : 6 grands logements, dont 2 duplex.
Financement familial.

Améliorations mises en œuvre sur les cinq sites du projet¹

Les cinq sites du projet ont permis de répartir les démonstrations dans des régions géographiques et climatiques variées, avec divers types de maîtres d'ouvrage ; le total de la surface bâtie atteint plus de 20 000 m². Le site 1 fut construit de 1999 à 2001, les sites 2, 3, 4, 5 de 2002 à 2004.

Site 1 :

ZOUK MOSBEH : 3 900 m², altitude 150 m, en banlieue nord de Beyrouth, très représentatif de la demande sociale. Promoteur privé.

Type de construction : trois blocs, 53 logements de tailles diverses, de 45 à 220 m²

Surface brute totale : 3 900 m²

Investissement en construction : 1 700 000 € (soit 436 €/m²)

Estimation des surcoûts pour améliorations : environ 140 000 € (soit 8,2 %)

Subvention du FFEM pour financement du surcoût : environ 60 000 € (3,5% du coût)

Promoteur et entreprise générale : Elissar Contracting & Engineering Co (Ing. Elie Moukawem)

Architecte : Alexandre Brakhya

Améliorations mises en œuvre et considérées comme innovantes au Liban :

Isolation en toiture et couche protectrice claire

Isolation des parois et double-vitrage au nord, pour quelques appartements

Enduit respirant étanche à l'eau

Adaptation au climat des dimensions des fenêtres

Larges balcons faisant protection solaire en été

Eau chaude solaire collective et chaudière d'appoint : première réalisation au Liban

Lampes fluocompactes dans les parties communes

Site 2 :

MAGHDOUCHEH : 4 350 m², altitude 250 m, à 4 km de la mer près de Saïda. Financement coopératif.

Type de construction : trois blocs de dix logements de 145 m² répartis en 5 niveaux

Surface brute totale : 4 350 m². Prix de vente économique : 300 à 350 €/m²

Investissement en construction : 1 400 000 €

Estimation des surcoûts pour améliorations : 208 000 € (soit 14,8 %)

Subvention du FFEM : 51 580 € (soit 3,7 %)

Ingénieur responsable du site : Joseph Houry

¹ Source : Rapport d'achèvement du projet rédigé par B. Cornut (version 1 du 09/03/2005).

Améliorations mises en œuvre, en accord avec les copropriétaires accédants :

Isolation en toiture claire
 Isolation insérée en tous doubles-murs extérieurs. Aucun chauffage central
 Enduit respirant étanche à l'eau
 Adaptation au climat des orientations et dimensions des fenêtres
 Stores roulants : infiltration réduite + protection solaire en demi-saison et l'été
 Eau chaude solaire collective et chaudière d'appoint : avec compteurs individuels, ce qui constitue une innovation au Liban

Site 3 :

OUZAÏ : 5 000 m², altitude 20 m, en banlieue sud de Beyrouth ; grand bâtiment multifonctionnel (orphelinat) sur une structure à réhabiliter, avec financement par œuvre associative (une fondation reconnue).

Type de construction : orphelinat avec internat, classes et bureaux
 Banlieue sud de Beyrouth : à partir d'une structure inachevée
 Surface brute totale : 5 000 m²
 Investissement prévisionnel en construction : 2 000 000 €
 Estimation des surcoûts pour améliorations : 149 000 € (soit 7,4 %)
 Subvention du FFEM : 27 280 € en subvention (soit 1,4 %)

Améliorations mises en œuvre :

Isolation en toiture et parois
 Enduit respirant étanche à l'eau
 Protection solaire des fenêtres par une structure claustra en éléments ajourés
 Double-vitrage sur châssis à faible infiltration et fentes auto-réglables
 Ventilation mécanique contrôlée, à partir de pièces humides
 Eau chaude solaire collective et chaudière d'appoint

Partenariat :

Maître d'ouvrage et financement : la fondation Dar al Aytam (« Maison de la compassion »), très connue au Liban
 Maîtrise d'œuvre : Imad Abou El Khoudoud & Saad Khaled
 Entreprise générale : Al Insha wal Taamir

Site 4 :

KHIRBET-ROUHA : 5 000 m², altitude 900 m, dans la plaine de la Bekaa au climat rude ; grand bâtiment multifonctionnel neuf, avec financement par une œuvre associative.

Type de construction : orphelinat avec internat, classes et bureaux, autour d'une cour
 Plaine de la Bekaa, sud-est : climat froid en hiver, mais très ensoleillé
 Surface brute totale : 5 000 m²
 Estimation des surcoûts pour améliorations : 169 000 € (soit 8,4 %)
 Subvention du FFEM : 39 778 € (soit 2 %)

Améliorations mises en œuvre :

Isolation en toiture et en tous doubles-murs extérieurs avec drainage des condensations
Enduit respirant étanche à l'eau
Dimensionnement adapté et protection des fenêtres
Double-vitrage sur châssis à faible infiltration et fentes auto-réglables
Ventilation mécanique contrôlée, à partir de pièces humides
Eau chaude solaire collective et chaudière d'appoint

Partenariat :

Maître d'ouvrage et financement : fondation Dar al Aytam
Architecture et maîtrise d'œuvre : Raja Saad
Entreprise générale : Hourié

Site 5 :

AÏN AALAK : 1 836 m², altitude 800 m, en région d'estivage résidentiel, à hiver froid.
Immeuble familial de haute qualité : six grands logements, dont deux duplex. Financement familial.

Type de construction : immeuble familial. Six grands logements, dont deux duplex
Village de Aïn Aalak, près de Bikfaya : en zone réglementée (toitures en tuiles)
Surface totale brute : 1 836 m²
Investissement prévisionnel en construction : 1 000 000 €
Estimation des surcoûts pour améliorations : environ 105 000 € (soit 10,5 %)
Subvention du FFEM : 23 340 € (soit 2,3 %)

Améliorations mises en œuvre :

Isolation en toiture et en doubles-murs extérieurs
Enduit respirant étanche à l'eau
Dimensionnement adapté des fenêtres et protection solaire
Double-vitrage sur châssis à faible infiltration et fentes auto-réglables
Régulation du chauffage (horloge et robinets thermostatiques)
Stores roulants : infiltration réduite + protection solaire
Ascenseur économe en énergie et puissance
Eau chaude solaire collective et chaudière d'appoint

Partenariat :

Maître d'ouvrage : Georges .T. Aoun et famille
Architecture : Aouad & Semaan, architectes associés
Structure : Nabil Najjar
Entreprise générale : AAS Group

Liste des documents relatifs au PEEC disponibles à l'agence

Documents de synthèse produits par projets¹

- ▣ Plaquette de synthèse du projet FFEM : L'efficacité énergétique dans la construction au Liban. Lutter contre l'effet de serre et le changement climatique, 2005.
- ▣ Le dilemme des tarifs sociaux et l'intégration des réformes en une politique énergétique, 2004.
- ▣ Impact sur le confort thermique et les économies d'énergie des améliorations apportées sur l'enveloppe du bâtiment, février 2003.
- ▣ Eau chaude solaire – Guide de conception, de dimensionnement et de réalisation des installations individuelles et collectives, janvier 2003.
- ▣ Les résultats de la campagne de mesures, novembre 2002.
- ▣ Enquête sur les produits des systèmes solaires thermiques fabriqués au Liban (diffusion restreinte, usage interne), octobre 2002.
- ▣ Vers un mécanisme de développement propre – Remplacement du chauffe-eau électrique pour la production d'eau chaude sanitaire dans le résidentiel par le chauffe-eau solaire : impact sur les consommations en énergie électrique et sur les émissions en CO₂, septembre 2002.
- ▣ Économiser l'énergie – responsabilité nationale, Plaquette de sensibilisation devant être distribuée par EDL avec les factures d'électricité, septembre 2002.
- ▣ Maîtrise de la demande d'électricité au Liban, février 2001, ALMEE, ADEME, FFEM.

Documents de suivi :

- ▣ Rapport d'achèvement, 9 mars 2005, Bernard Cornut.
- ▣ Bilan technique et financier de la phase I, 23 mars 2001, Bernard Cornut.
- ▣ Programme technique de la phase II, 23 avril 2001, Bernard Cornut.
- ▣ Rapport d'évaluation de la phase I, 31 octobre 2000, Jacques Catry, consultant.
- ▣ 19 rapports d'activité trimestriels rédigés par l'ALMEE et révisés par l'ADEME.

Séminaires :

17/12/2004 Maîtrise de la demande d'énergie et municipalités », Notre-Dame de Louaizé.

Séminaire de clôture du projet PEEC. Dossier de synthèse. Rôle du ministère de l'Énergie dans l'incitation à la MDE dans les villes (Comair, DG ministère de l'Énergie et de l'eau). Intégration des normes techniques dans la loi de construction (Abdel Ahad, DGU). Code de l'environnement : comment intégrer les municipalités (Hatjian, DG ministère de l'Environnement).

¹ Hors rapports techniques listés dans les rapports d'activités et répertoriés dans le rapport d'achèvement du projet.

ANNEXE 5

Expérience de quelques municipalités en France et en Europe (Cornut). Expérience de la municipalité de Jounieh (Salamé, directeur du département d'ingénierie, mairie de Jounieh). Résultats et acquis du projet PEEC : comment appliquer (Mortada, ALMEE).

15/03/2004 Maîtrise de la demande en énergie dans le secteur résidentiel au Liban, Notre-Dame University.

Le dilemme des tarifs sociaux et l'intégration des réformes en une politique énergétique (Cornut). Le rôle de la DGU dans l'activation de l'efficacité énergétique dans les bâtiments (Abdel Ahad, DGU). Résultats des mesures énergétiques dans les logements (Geha, ALMEE). Méthodologie de l'audit électrique adoptée par le Lebanese Center for Energy Conservation Project.

– LCECP (Samaha, PNUD).

12-13/12/2003 Thermique du bâtiment, Kaslik.

Améliorer la qualité thermique des bâtiments au Liban (Cornut, ADEME). Des données météo disponibles au zonage climatique au Liban (Mortada, ALMEE). Réglementation thermique et caractéristiques d'isolation thermique des parois des bâtiments (Mortada). Les sorties des différents sites du PEEC (ingénieurs des différents sites).

27/02/2003 Séminaire de présentation des campagnes de mesures du projet PEEC et du guide du solaire thermique.

2/05/2002 Séminaire professionnel sur le solaire thermique, Kaslik.

Le marché du solaire thermique (Chehab, ALMEE). Évaluation des procédés solaires (Caccavelli, CSTB). La garantie des résultats solaires (Glomon, Techsol SA). Systèmes de télémesures (Geha, ALMEE). Guide de dimensionnement des CES (Mortada, ALMEE). Leçons à tirer des systèmes de production d'eau chaude sanitaire solaire (Matar, ALMEE).

22/10/2001 Séminaire de présentation des premiers résultats du PEEC.

La lutte contre l'effet de serre au Liban. Description des campagnes de mesures de consommations énergétiques dans le résidentiel

Articles de presse :

L'Orient Le Jour, 13 novembre 2001. « Environnement : l'ALMEE expose les résultats de ses expériences sur divers sites au Liban » (1 page). Suzanne Baaklini.

L'Orient Le Jour, 7 novembre 2000. « Développement : expérience grandeur nature dans un projet à Zouk. Économie d'énergie à domicile » (1 page). Suzanne Baaklini.

Liste de sigles

ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AFD	Agence Française de Développement
ALIS	Association libanaise des industriels du solaire
ALMEE	Association libanaise pour la maîtrise de l'énergie et pour l'environnement
BCCO	Byblos Construction Company
BT	Basse tension
CES	Chauffe-eau solaire
DGU	Direction générale de l'urbanisme
ECS	Eau chaude sanitaire
ECSS	Eau chaude sanitaire solaire
EDF	Électricité de France
EDL	Électricité du Liban
ESCO	Energy Service Company
FEE	Fonds d'efficacité énergétique
FFEM	Fonds français pour l'environnement mondial
GEF	Global Environmental Facility
GRS	Garantie des résultats solaires
LCECP	Lebanese Center for Energy Conservation Project
LIBNOR	Agence libanaise de normalisation
LEP	Livre libanaise
ME	Ministère de l'Environnement (Liban)
MED ENEC	Projet d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment dans la région méditerranéenne
MEDD	Ministère de l'Écologie et du développement durable (France)
MEE	Ministère de l'Énergie et de l'eau (Liban)
MT	Moyenne tension
MTEP	Millions de tonnes équivalent pétrole
MTPT	Ministère des Travaux publics et des transports (Liban)
OIAB	Ordre des ingénieurs et architectes de Beyrouth
OIAT	Ordre des ingénieurs et architectes de Tripoli
PEEC	Projet d'efficacité énergétique dans la construction au Liban
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
TEP	Tonnes équivalent pétrole

