



maîtrise de l'énergie. Un Décret (n°2005-2234) a institué une prime de 20 % pour l'acquisition de chauffe-eau solaire. La Loi des Finances n°2005-106 a instauré le Fonds National de Maîtrise de l'Énergie. Au niveau institutionnel, la Tunisie a renforcé le mandat et les ressources de l'Agence Nationale de Maîtrise de l'Énergie - qui existe depuis 1985.

A partir du Fonds National de Maîtrise de l'Énergie, la Tunisie a fait des propositions concernant des mécanismes financiers innovants, comme un Fonds d'investissement, des lignes de financement spécifiques, des fonds de garantie des prêts, etc. La Tunisie a lancé le programme PROSOL résidentiel de promotion du chauffe-eau solaire avec un mécanisme combinant un système de subvention, de bonification des intérêts et l'octroi de crédit par les services bancaires. Le remboursement passe par un arrangement entre banques privées et l'état à travers lequel le client rembourse le chauffe-eau solaire par des mensualités ajoutées à sa facture d'électricité, qui elle se voit diminuée par l'économie d'énergie générée par l'usage du chauffe-eau solaire dans le temps.

Concrètement, un particulier désirant s'acheter un chauffe-eau solaire va rencontrer la STEG avec sa facture d'électricité. La STEG paie pour l'installation de la technologie, et le client se voit ajouter à sa facture sa cotisation, équivalente à 100 dirhams, pour rembourser le chauffe-eau solaire pendant sept ans. Ceci est donc rentable pour le client qui bénéficie d'un crédit intéressant, d'un mode de remboursement adapté à son pouvoir d'achat, et d'une facture d'électricité réduite sur le moyen terme.

Source : Plan Bleu, Samir Amous, APEX conseil.

Toutefois, il est à noter qu'une des raisons ayant facilité le développement de cet outil par la Tunisie est le fait que la STEG possède le monopole de la distribution de l'électricité. Au Maroc, la situation est différente, l'ONE partageant ce marché avec d'autres régies de distribution. Le développement de cet outil au Maroc demanderait donc un grand effort de coordination entre ces différents acteurs.

Ainsi, afin de développer les filières solaires, on observe que les expériences étrangères allient un ensemble d'outils, soit à travers les incitations financières, la réglementation, ou le développement de produits financiers innovants permettant le financement des technologies, dont le Maroc peut s'inspirer. La section suivante présente maintenant un état des lieux des politiques et outils financiers existant au Maroc.

### III. La réglementation et les outils d'accompagnement au Maroc

Avec sa nouvelle stratégie énergétique, le Maroc est en train de mettre en place un nouveau cadre réglementaire et incitatif prometteur. Afin d'atteindre les objectifs fixés par sa nouvelle stratégie énergétique, le MEMEE a conçu des réformes et des mesures d'accompagnement pouvant aider au développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique alliant divers outils de promotion. Toutefois, ces avancées restent relatives si l'on regarde l'envergure des moyens mis en œuvre par certains pays industrialisés.

En effet, rappelons, avant de rentrer dans l'analyse spécifique du cas marocain, qu'une grande différence entre pays développés et pays en voie de développement existe à ce niveau : les premiers, ayant ratifié l'Annexe 1 du Protocole de Kyoto, se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre ; les seconds, non signataires de cette annexe, s'inscrivent plutôt dans un système incitatif, la génération de crédits carbone leur permettant de financer tout projet réduisant les émissions de gaz à effet de serre. Il y a donc une obligation chez les pays développés, qui n'existe pas au Maroc, de mobiliser les moyens financiers nécessaires afin de mettre en œuvre des mesures incitatives pour des technologies n'ayant pas encore pleinement atteint leur seuil de rentabilité.

**Les incitations financières.** Le Maroc aujourd'hui ne dispose pas d'une politique de subvention directe généralisée, comme c'est le cas dans les pays étrangers où les filières solaires sont les plus développées. Toutefois, au niveau fiscal, le Maroc a déjà amorcé quelques réformes : grâce à un travail de lobbying notamment de la part du CDER et de l'Association Marocaine de l'Industrie Solaire et Eolienne (AMISOLE) ces dernières années, la TVA est passée de 20 % à 14 % sur le matériel solaire.

Un Fonds pour le Développement Énergétique a également été créé à hauteur de 1 milliard USD avec des versements de dons dans un compte d'affectation spéciale, ainsi que d'une contribution du fonds Hassan II<sup>(44)</sup>. Une étude est en cours afin de déterminer précisément l'usage futur de ce fonds, dont les résultats sont prévus pour courant 2009. D'une manière générale, le but de ce fonds est d'une part le renforcement et la préservation des capacités de production énergétique à partir notamment des énergies renouvelables et la réduction de la dépendance énergétique, et d'autre part l'appui financier pour le renforcement de l'efficacité énergétique, les études et assistances techniques, et le soutien aux entreprises de services énergétiques (ESCOS).

Ce fonds représente une grande opportunité de développement pour les marchés liés à l'énergie renouvelable, et notamment solaire, s'il est mis au service

<sup>(44)</sup> Site Internet du MEMEE, Présentation, "Grande ligne de la stratégie énergétique 2020-2030", Dossier de Presse, 10 juillet 2008.

d'une véritable politique publique permettant au Maroc, d'une part, de faire un saut en matière de politique énergétique - lui donnant les moyens de mettre en place des outils innovants, et d'autre part, de devenir un moteur de développement durable et humain. A cette fin, le gouvernement marocain devra être ferme et savoir prioriser parmi les nombreuses sollicitations que la disponibilité d'un tel fonds génère.

**Table 4 - Répartition budgétaire du Fonds de Développement Énergétique du Maroc**

| Sources  | Montants (millions USD) |
|--|-------------------------|
| Royaume d'Arabie Saoudite  | 500                     |
| Émirats Arabes Unis  | 300                     |
| Contribution du Fonds Hassan II pour le développement économique et social (pour investissement) | 200                     |

Source : MEMEE.

Au niveau du solaire photovoltaïque, l'Office National de l'Électricité (l'ONE) a mis en place de 1998 à 2008 un grand programme national d'électrification rurale décentralisée hautement subventionné, le Programme d'Électrification Rural Global (PERG). En 2009, un premier programme visant la connexion au réseau des panneaux solaires a également vu le jour afin de produire de l'électricité non plus seulement pour la consommation du particulier en milieu isolé lorsque que l'énergie solaire s'avère plus rentable que le raccord au réseau traditionnel d'électricité, mais aussi pour en injecter l'excédent dans le réseau. A ce jour, seuls quelques projets pilote sont en cours de réalisation, sur un modèle financier subventionné, permettant ainsi d'offrir à l'auto-producteur une réduction de sa facture électrique en contrepartie de sa production d'électricité solaire réinjectée dans le réseau. L'ONE est en pleine réflexion sur la nature d'un futur montage financier moins subventionné pour ce programme.

**Les incitations réglementaires.** C'est au niveau réglementaire et institutionnel que le Maroc est en train de faire les plus grandes avancées. Au niveau du solaire thermique, des conventions interministérielles ont été signées en juillet 2008 entre le MEMEE et les ministères du Tourisme, de l'Habitat et de l'Urbanisme, de l'Éducation, de l'Industrie et de la Santé (en cours) afin de promouvoir les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique au Maroc. Ces conventions se fixent des objectifs concrets en terme de parc solaire thermique, avec un total de 200 000 m<sup>2</sup> additionnels installés d'ici 2012.

Une circulaire prévoit l'intégration des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique dans les administrations, les établissements publics et collectivités locales. Cette circulaire encourage l'utilisation généralisée des chauffe-eau solaire et des lampes à basse consommation dans les établissements publics pour l'existant et la nouvelle construction. Cette circulaire a été adoptée mais n'a, toutefois, aucune valeur contraignante.

Le Maroc prévoit aussi l'élaboration d'un Code d'Efficacité Énergétique dans le secteur du bâtiment. Elaboré dans le cadre de la politique de promotion des énergies renouvelables du gouvernement marocain, le PNUD-FEM, et le CDER, ce projet répond à une triple problématique : (i) l'absence de considérations énergétiques dans la conception, la construction, l'équipement et la gestion des bâtiments collectifs, (ii) l'augmentation sensible des dépenses énergétiques suite à des attentes de qualité de service et de confort social de la part des usagers, et (iii) le renchérissement des prix du pétrole qui pèse lourdement sur la facture énergétique nationale<sup>(45)</sup>.

Trois secteurs clé sont principalement ciblés : la santé, l'hôtellerie, et les logements collectifs. L'effort d'amélioration de l'efficacité énergétique sera concentré sur trois grands axes : (i) la conception des bâtiments, (ii) le fonctionnement des équipements (climatisation, chauffage, etc.), et (iii) la gestion énergétique dans les bâtiments. Le projet comprendra aussi des actions pilotes pour démontrer la rentabilité des investissements proposés.

Un décret autorisant l'accès des auto-producteurs d'électricité au réseau et le rehaussement du seuil de production de 10 MW à 50 MW a été également adopté<sup>(46)</sup>. En effet, afin de répondre à la demande croissante en électricité au Maroc, le Dahir relatif à la création de l'ONE est en cours d'amendement<sup>(47)</sup> afin de permettre l'autoproduction énergétique à partir de sources nationales fossiles ainsi que renouvelables.

L'idée est de permettre de : « *conclure avec des producteurs ou des groupements de producteurs des conventions de gré à gré pour la concession de la production d'électricité, destinée à leur usage exclusif, à partir de ressources énergétiques nationales fossiles ou renouvelables, notamment d'origine éolienne* ».

Cette loi permet aussi aux auto-producteurs d'accéder au réseau de transport dont les conditions seront fixées dans le cadre de conventions à conclure avec l'ONE : « *Ces conventions prévoient, entre autres, les modalités techniques d'exploitation des ouvrages et d'accès au réseau de transport ainsi que les conditions commerciales afférentes au transport, à la fourniture et au rachat d'électricité* ».

La capacité de production totale des projets développés pourra aller jusqu'à 2000 MW : « *La totalité de la capacité*

<sup>(45)</sup> Fiche de projet du CDER, « *Projet de code d'efficacité énergétique du bâtiment au Maroc* ».

<sup>(46)</sup> Il s'agit du projet de loi n°16-08 modifiant et complétant le Dahir n° 1-63-226 du 14 Rabii I 1383 (5 août 1963) portant création de l'Office National de l'Électricité.

<sup>(47)</sup> Après avoir été adopté à l'unanimité par la Chambre des Conseillers dans sa séance du mardi 22 juillet 2008, le projet de loi n°16-08 modifiant et complétant le Dahir n° 1-63-226 du 14 Rabii I 1383 (5 août 1963) portant création de l'ONE a été adopté mercredi 23 juillet 2008 par la Commission des Secteurs Productifs de la Chambre des Représentants. Le Texte est adopté au Conseil du Gouvernement et des Ministres, en 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> chambres.

de production de l'ensemble des projets développés dans le cadre ces conventions ne devra pas excéder 1000 MW. Cependant, ce plafond peut être augmenté en cas de besoin par l'administration, dans la limite de 2000 MW ».

Finalement cette loi s'adresse aux auto-producteurs désireux d'investir dans la production d'électricité en augmentant le seuil de l'autoproduction qui passe de 10 à 50 MW : « En dehors de telles conventions, le présent projet d'amendement consacre l'exclusivité de l'aménagement des moyens de production d'énergie électrique à l'ONE, tout en portant le seuil d'autoproduction de 10 MW à 50 MW ».

De plus, une Loi cadre Energies Renouvelables est passée au Conseil du Gouvernement en mars 2009 et au Conseil des Ministres en avril 2009. Celle-ci met en avant onze principes (voir Annexe 2) dont les principaux éléments sont l'autorisation de produire de l'électricité à partir de sources énergétiques renouvelables pour un tiers, c'est-à-dire le marché, et de la réinjecter dans le réseau de haute et très haute tension. Cette loi permet également de commercialiser cette production au niveau international, c'est-à-dire de pouvoir l'exporter. Cette nouvelle réglementaire pourra permettre au Maroc de faire un bond dans le développement des filières solaires selon les décrets d'application qui vont s'en suivre. Un projet de loi est également en cours concernant l'efficacité énergétique. L'encadré ci-contre détaille les grandes lignes de la loi sur les énergies renouvelables.

Ces réformes réglementaires d'envergure s'inscrivent dans un contexte marocain de provision électrique assez problématique. En effet, le marché électrique marocain est caractérisé par un déséquilibre entre l'offre et la demande d'électricité. La forte croissance de la demande électrique en pointe, évaluée à 7-8 % par l'ONE ces cinq dernières années - contre 5-6 % auparavant<sup>(48)</sup>, est une grande contrainte pour l'ONE. En collaboration avec le MEMEE, un plan d'urgence pour la gestion de la demande électrique a été créé comprenant l'institution d'un comité d'orientation national présidé par le Premier Ministre et d'un comité interministériel, présidé par le MEMEE, ainsi que la mise en place de groupes de travail pour la préparation des feuilles de route pour les mesures d'urgence pour la gestion de l'équilibre électrique offre-demande durant la période 2008-2012.

Ainsi, par sa nouvelle politique énergétique, le Maroc compte agir à la fois sur l'offre et sur la demande énergétique du pays. En promouvant les énergies renouvelables, notamment pour la production d'électricité, le gouvernement compte diversifier l'offre d'énergie et la rendre plus autonome ; du côté de la demande, en promouvant l'efficacité énergétique, le gouvernement compte diminuer la demande énergétique nationale. Seulement, pour atteindre une échelle plus importante,

cet effort ne peut se découpler d'une politique stimulant la demande pour les « énergies propres ». En attendant les avancées technologiques qui permettront aux énergies propres d'atteindre par elles-mêmes leur seuil de compétitivité avec l'énergie fossile par une réduction de leur prix, cette étude considère que la réglementation doit dès aujourd'hui permettre aux technologies propres d'être compétitives vis-à-vis de l'énergie fossile, en alliant un mélange d'incitations financières et réglementaires.

### Le projet de loi sur les énergies renouvelables

Cette loi vise à encourager les entreprises privées marocaines et étrangères à investir dans le domaine des énergies renouvelables en facilitant la production et la commercialisation de l'énergie produite. Les avancées principales sont les suivantes :

- **Autorisation et déclaration.** Ce projet de loi fixe de façon précise les conditions d'octroi des autorisations et de déclaration pour les exploitants de gisement éolien, solaire et biomasse. Une autorisation est requise pour toute puissance installée égale ou supérieur à 2 mégawatts alors qu'une simple déclaration est de vigueur pour les puissances installées de moins de 2 mégawatts, sur un site ou groupe de sites appartenant à un seul exploitant.
- **Exportation.** Une autre nouveauté est l'autorisation donnée aux producteurs d'électricité par sources renouvelables non seulement d'approvisionner le marché domestique, mais aussi, lorsque la marge de réserve du pays sera établie, d'exporter cette production à l'étranger.
- **Transport.** Cette loi permet également aux producteurs d'électricité par sources renouvelables de construire des lignes directes de transport pour leur propre usage (pour l'exportation) si besoin, moyennant une convention de concession avec l'ONE. En effet, si le potentiel en énergie renouvelable dont dispose le Maroc venait à être réalisé, le réseau électrique actuel ne pourrait pas soutenir une telle production électrique.

Source : La Vie Eco, « Energie Renouvelable, ce que contient le projet de loi », 4 avril 2009, <http://www.lavieeco.com/economie/13372-energies-renouvelables-ce-que-contient-le-projet-de-loi.html>.

**Les outils financiers.** La plupart des établissements bancaires n'offrent pas aujourd'hui au Maroc de conditions particulières de financement pour les projets relatifs aux énergies renouvelables. Par contre, le CDER a mis en place un fonds de garantie dédié au financement de projets s'inscrivant dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique, le « FOGEEER », en vue d'impliquer les sociétés de leasing, dans ses programmes de développement. Cette dynamique s'adosse à un mécanisme

<sup>(48)</sup> ONE, « Plan d'action prioritaire et gouvernance du secteur électrique » (mars 2009), <http://www.mem.gov.ma/Assises2009/PDF/Expose/pnap.pdf>.

de financement leasing, le Dispositif Global de Financement Leasing (DGFL), également développé par le CDER. Ainsi, le fonds « FOGEEER » est destiné à garantir les crédits d'investissement consentis par les sociétés de leasing, aux entreprises et opérateurs marocains voulant investir dans ce domaine et est confié à DAR AD-DAMANE qui en assure la gestion pour le compte du CDER. Plus de détails sur cet outil se trouvent dans la section sur les marchés de support (Partie 2).

**Les outils de garantie de la qualité des produits et services solaires.** Un des éléments permettant un développement de qualité des filières solaire est la certification du matériel commercialisé et l'agrément des services. Le programme de Développement du marché marocain des chauffe-eau solaires « PROMASOL », qui s'inscrit dans le cadre de la coopération entre le ministère en charge de l'Energie, le Fonds Mondial pour l'Environnement et le Programme des Nations Unies pour le Développement, a préconisé une action globale visant l'amélioration de la qualité des équipements solaires, à travers la mise en place de la charte de Garantie des résultats solaires (GRS) et ses outils d'application, la création de normes marocaines régissant le secteur du chauffe-eau solaire, la mise en place de deux laboratoires de test pour les capteurs et systèmes solaires, une procédure de certification et labellisation des équipements et la création d'un comité d'agrément des installateurs conformément aux procédures en vigueur au niveau du CDER. A cet effet, un label qualité a été mis en place pour sélectionner les équipements répondant aux exigences des normes mises en vigueur. A ce jour, une douzaine de produits sont certifiés par les laboratoires du CDER.



Figure 2 - Macaron du CDER de certification des produits.

Bien que la certification CDER du matériel soit un garant de la qualité des produits, les professionnels du solaire au Maroc ne sont, toutefois, pas obligés de l'utiliser afin de pouvoir commercialiser leurs produits. En Tunisie par contre, un système public de contrôle de qualité assuré par l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie (ANME) existe - cet organisme s'occupe entre autres de l'accréditation des fournisseurs et des modèles. De plus, son rôle est critiqué par les professionnels privés du secteur, parfois jugé trop souple, parfois considéré comme redondant avec d'autres certifications étrangères. Concernant les services, tout comme la

certification du matériel, avoir un agrément installateur spécialisé dans les technologies solaires n'est pas obligatoire au Maroc pour exercer. De plus, ni la certification, ni l'agrément ne sont adossés à des incitations de façon à encourager leur usage comme c'est le cas à l'étranger ; en France, par exemple, les subventions au chauffe-eau solaire sont conditionnelles au recourt par le client à des installateurs agréés.



Figure 1 - Macaron du CDER pour l'agrément installateur.

Bien que s'étant fixé des objectifs ambitieux à travers le nouveau « Plan Energie » du MEMEE et l'évolution prometteuse du contexte institutionnel et réglementaire marocain, le Maroc a encore des progrès à faire tant au niveau réglementaire qu'au niveau financier afin de développer les filières solaires. Les recommandations finales de l'étude permettront de voir quelles mesures pourraient fonctionner au Maroc. La prochaine partie va analyser la chaîne de valeur de chacune des filières solaires, permettant de détecter les opportunités et les entraves à leur développement, ainsi qu'à la compétitivité des produits solaires actuellement commercialisés au Maroc. L'objectif de cette section sera de présenter aux lecteurs les différents produits, les marchés existants, les fonctions prises en charge dans ces filières, ainsi que les principaux acteurs structurant le marché.

# Partie II • Caractéristiques de la chaîne de valeur

Traditionnellement, une étude de chaîne de valeur est l'analyse des flux d'un produit, du processus de transformation de la matière première à la distribution du produit final aux marchés (voir méthodologie dans l'introduction). Étant donné que la plupart des technologies solaires commercialisées au Maroc sont importées de l'étranger, la présente étude est en quelque sorte « inversée » : elle s'intéresse à l'accès de ces technologies aux marchés locaux marocains, le but étant d'identifier dans quelle mesure les producteurs et les fournisseurs de technologies peuvent se transformer en investisseurs, contribuant ainsi au développement de la filière et au renforcement des acteurs locaux. À cette fin, un intérêt particulier a été porté, d'une part, sur l'analyse des marchés locaux, et, d'autre part, sur l'identification des opportunités de réorganisation des maillons faibles de la chaîne.

Les deux filières analysées ici sont celle du solaire thermique et du photovoltaïque. Ces deux produits étant très différents tant au niveau de la technologie qu'au niveau de la façon dont leurs marchés sont organisés, la plupart des étapes de la chaîne de valeur de ces deux filières solaires seront analysées de façon indépendante dans cette étude.

Tout d'abord, cette section propose une courte présentation des produits solaires commercialisés au Maroc. Puis, une cartographie détaillée de la chaîne de valeur, ainsi que les principales fonctions exercées par les acteurs de la chaîne seront présentées. Les principales fonctions incluent :

- La production (et l'assemblage pour le photovoltaïque) ;
- L'importation et la distribution ;
- L'installation, la maintenance et le service après-vente ;
- Le transport.

Cette étude propose également une analyse des marchés finaux, incluant une analyse du marché marocain actuel et une évaluation des marchés potentiels à exploiter aujourd'hui au Maroc selon des critères bien définis.

Pour la filière thermique, les marchés potentiels principaux dans la région de Meknès-Tafilalet sont :

- Le secteur touristique, par l'aspect rentable de l'investissement ;
- Le secteur de l'habitat, en raison de son échelle ;
- Le secteur de l'éducation et de la santé, par le développement social qu'il procure.

Pour la filière photovoltaïque, les marchés potentiels principaux sont :

- L'électrification rurale décentralisée des écoles et infrastructures sanitaires, grâce à un engagement fort du ministère de l'Éducation Nationale ;
- La connexion au réseau, dans le cadre d'un nouveau programme national de l'ONE permettant la réinjection dans le réseau de l'électricité produite par énergie solaire ;
- L'exportation vers l'Europe d'électricité produite par sources renouvelables dans le cadre du « Plan Solaire » de l'Union pour la Méditerranée (UPM).

En dernier lieu, cette étude analyse la nature et le rôle des différents acteurs clés tout au long de la chaîne de valeur, ainsi que leurs relations. Il s'agit des :

- Producteurs / importateurs ;
- Prestataires de services ;
- Supports du marché.

Cette section se termine avec une identification des principales contraintes et opportunités inhérentes à la chaîne de valeur des filières solaires au Maroc.

## I. Les produits

Cette section se propose de décrire les caractéristiques principales définissant les produits solaires thermiques et photovoltaïques. Ceci inclut les principes de base de fonctionnement, leur prix, leur usage et leurs principales caractéristiques.

### 1.1. Le solaire thermique au Maroc

Le chauffe-eau solaire représente une grande opportunité pour le Maroc en tant qu'énergie alternative à l'énergie fossile. Le Maroc possède un grand potentiel solaire : le gisement solaire disponible est très important et s'élève à 5,5 kWh/m<sup>2</sup>/jour ; la durée d'ensoleillement varie entre 2 400 et 3 400 heures par an ; 1 m<sup>2</sup> de capteur solaire thermique peut produire au Maroc entre 600 et 800 kWh par an.

Un chauffe-eau solaire est principalement composé d'un plan de capteur solaire thermique, composé d'un coffre vitre contenant une plaque et des tubes métalliques noirs (absorbeur) qui reçoivent le rayonnement solaire et chauffent un liquide antigel, dit fluide caloporteur, ainsi que d'un ballon servant à stocker l'eau chauffée par l'énergie solaire. Afin de pallier au manque d'ensoleillement accidentel ou saisonnier, un système d'énergie

d'appoint est utilisé ; celui-ci peut être le fuel, le gaz, l'électricité ou le bois. Trois technologies différentes sont principalement utilisées au Maroc : le **chauffe-eau solaire en thermosiphon**, le **chauffe-eau solaire à circulation forcée** et le **chauffe-eau solaire à tubes sous vide**. Les deux premières sont relativement bien établies au Maroc, tandis que la troisième a fait son entrée sur le marché marocain il y a quelques années, avec le premier produit certifié CDER en 2009.

Le chauffe-eau solaire en **thermosiphon** fonctionne grâce à la circulation naturelle d'un liquide dans l'installation du fait de la variation de sa masse volumique en fonction de la température. Cette circulation de l'eau se fait donc par différence de densité : l'eau du capteur solaire étant plus chaude, donc de faible densité, circule vers le ballon, de densité plus forte, et est remplacée par le liquide refroidi descendant du ballon. Le centre de gravité du ballon doit donc être plus haut que le centre de gravité du capteur solaire.

La mise en mouvement du liquide caloporteur (antigel) peut également se faire à l'aide d'une pompe quand sa température dépasse celle de l'eau sanitaire du ballon ; on parle alors de **circulation forcée**.

Un chauffe-eau solaire se présente principalement sous deux formes : en une pièce, on parle alors de chauffe-eau solaire **monobloc**, ou le chauffe-eau solaire à **éléments séparés**. Dans le chauffe-eau solaire monobloc, les capteurs solaires et le ballon sont regroupés et placés à l'extérieur du bâtiment, tandis que dans le chauffe-eau solaire à éléments séparés, le ballon est à l'abri dans une pièce de la maison ou une construction proche et les capteurs sont installés en toiture. Cette solution utilise le plus souvent une circulation forcée, bien que le thermosiphon existe également, mais requière un savoir-faire optimal, le ballon devant être placé plus haut que les capteurs solaires.

Le **chauffe-eau solaire à tube sous vide** est constitué de capteurs solaires composés d'une série de tubes de verre dans lesquels passe un tube collecteur de chaleur. La paroi des tubes est double, et le tube interne est recouvert d'une substance qui absorbe les rayons du soleil (nitrure d'aluminium). Les tubes sont mis sous vide pour éviter les déperditions thermiques convectives de l'absorbeur et l'absorbeur reçoit un traitement sélectif pour empêcher le rayonnement. Pour être efficace, le vide doit être inférieur à 10<sup>-3</sup> Pa. Un tube devient inutile s'il n'est pas totalement hermétique. Ces tubes ne nécessitent donc pas d'être recouvert par un coffre comme c'est le cas dans les capteurs traditionnels décrits ci-dessus. L'effet thermos obtenu permet d'obtenir un meilleur rendement l'hiver, la chaleur étant piégée à l'intérieur du tube. La forme tubulaire du capteur optimise la capture

d'énergie quand l'ensoleillement est faible (début et fin de journée) ou si l'exposition du toit n'est pas idéale. Il permet aussi l'utilisation de l'eau comme fluide caloporteur au lieu du liquide antigel. 70 % des chauffe-eau solaires installés dans le monde sont à capteur sous vide, notamment en Allemagne. Les capteurs sous vide sont principalement produits en Chine.



Chauffe-eau solaire à capteurs sous vide commercialisé au Maroc.

Source : Programme de l'USAID.

D'une manière générale, il existe deux types de garanties accordées aux clients sur les chauffe-eau solaires :

- (i) Les garanties accordées pour les installations individuelles sont de 5 à 8 ans ;
- (ii) Les garanties accordées pour les installations collectives sont celles appliquées dans le cadre de la Garantie des Résultats Solaires (GRS)<sup>(49)</sup> développée par le CDER, à savoir une année de vérification et une année de confirmation.

Les prix de cette technologie au Maroc varient entre 9 000 et 24 000 dirhams, selon la taille du ballon. Pour les installations individuelles (monobloc), l'ordre des prix est le suivant :

- 150 Litres : 9 000 à 11 000 MAD TTC,
- 200 Litres : 11 000 à 15 000 MAD TTC,
- 300 Litres : 15 000 à 19 000 MAD TTC,
- 500 Litres : à partir de 24 000 MAD TTC.

En ce qui concerne les installations collectives (plusieurs monoblocs ou à éléments séparés), les prix varient entre 5 500 et 6 500 MAD le mètre carré installé de capteurs solaires.

Pour le chauffe-eau solaire à capteurs sous vides, les prix varient selon le diamètre (18 à 58 cm) et le nombre des tubes (10 à 30), ainsi que la capacité des ballons. Un chauffe-eau solaire de 200 litres par exemple coûte environ 11 000 MAD TTC (avec l'installation).

<sup>(49)</sup> La Garantie de Résultat Solaire est un mécanisme mis en place par le CDER à travers lequel le soumissionnaire s'engage envers le maître d'ouvrage à ce que l'installation solaire soit capable de délivrer la quantité annuelle moyenne d'énergie thermique d'origine solaire prévue. Cette quantité est subordonnée à la consommation d'eau chaude sanitaire prévue.

En ce qui concerne les besoins énergétiques individuels, l'encadré ci-dessous donne une méthode simple afin d'estimer la consommation d'un ménage. En ce qui concerne les besoins en chauffe-eau collectif, des études de faisabilité au cas par cas doivent être mise en œuvre afin de mesurer précisément la demande en eau chaude sanitaire de l'infrastructure en question.

### Estimation des besoins en eau chaude sanitaire pour un ménage

Prenons le cas d'une famille de six personnes dans une villa. La contenance idéale du chauffe-eau solaire pouvant répondre aux besoins en eau chaude sanitaire de cette famille est de 300 litres. Un raisonnement simple permet de faire ce genre d'estimation : un chauffe-eau solaire individuel chauffe en moyenne l'eau à 70° C dans le ballon, or seulement 22-25° C environ sont nécessaires pour une douche chaude. Pour avoir la contenance réelle d'un chauffe-eau solaire individuel en nombre de douches chaudes, il faut donc multiplier sa contenance par deux. Un chauffe-eau solaire de 300 litres permet donc en réalité de produire 600 litres d'eau chaude sanitaire. Étant donné qu'un homme consomme en moyenne 80 à 120 litres d'eau chaude par douche, et qu'il faut compter au moins une douche par jour et par personne, un chauffe-eau solaire individuel de 300 litres permettra d'assurer six à huit douches par jour. Le tableau, ci-dessous, reprend les éléments principaux nécessaires à cette estimation.

Tableau 5 - Besoins énergétiques pour installation individuelle

| Type de logement | Nombre de personnes | Besoin en eau chaude par jour en litres | Type de chauffe-eau solaires individuels en litres |
|------------------|---------------------|---|--|
| Villa            | 6                   | 600                                     | 300  |

Source : Entretien avec un importateur marocain.

La dernière caractéristique du chauffe-eau solaire, mais l'une des plus pertinentes pour cette analyse, est sa compétitivité avec d'autres énergies fossiles. En effet, tous les professionnels interviewés s'accordent à considérer ce produit comme très compétitif, voire rentable selon l'énergie traditionnelle que l'installation solaire

vient remplacer ou compléter. Selon le CDER, celui-ci peut permettre une réduction d'énergie considérable pouvant atteindre jusqu'à 80 %<sup>(50)</sup> selon l'ensoleillement du site et l'énergie traditionnelle utilisée. Le remplacement d'une énergie traditionnelle par le solaire permettra de faire des économies non seulement sur la facture énergétique annuelle mais aussi sur les coûts de maintenance et d'entretien des installations productrices d'énergie (électricité, gaz, fuel, etc.). La rentabilité du chauffe-eau solaire est donc calculée selon les économies effectuées année après année. La durée de vie de la technologie solaire par rapport à celle de l'énergie traditionnelle utilisée est donc cruciale.

En effet, prenons les exemples du chauffe-eau électrique et du chauffe-eau à gaz. Bien que le gaz, concurrent direct du chauffe-eau solaire, soit fortement subventionné au Maroc<sup>(51)</sup>, et qu'un chauffe-eau électrique coûte moins cher qu'un chauffe-eau solaire, ce dernier reste compétitif grâce à sa plus longue durée de vie. En effet, la durée de vie d'un chauffe-eau solaire est de 15 à 20 ans contre 5 ans pour le chauffe-eau à gaz et le chauffe-eau électrique.



Installation solaire thermique individuelle dans l'habitat.

Source : P.A. Parfond.

Le tableau en page suivante compare le chauffe-eau solaire à ses deux concurrents en présentant les caractéristiques principales de ces technologies (durée de vie, garantie, coût de l'investissement, rejet de Co<sub>2</sub>)<sup>(52)</sup>.

<sup>(50)</sup> Ce taux peut également atteindre les 100% à certains moments mais peut alors présenter un surchauffage des capteurs solaires notamment pendant l'été.

<sup>(51)</sup> Notons toutefois que bien que subventionné aujourd'hui, rien ne garantit que le CEG sera forcément subventionné demain.

<sup>(52)</sup> Mesures effectuées à travers des compteurs d'énergie installés au niveau de l'ensemble des installations collectives du CDER dans le cadre de la Garantie de Résultats Solaires.

Tableau 6 - Analyse comparative de systèmes de production d'eau chaude sanitaire

|                        | Chauffe-eau électrique | Chauffe-eau à gaz | Chauffe-eau solaire |
|------------------------|------------------------|-------------------|---------------------|
| Investissement en MAD  | 1700                   | 2000              | 9000                |
| Coût sur 20 ans en MAD | 41 000                 | 24 000            | 9 000               |
| Durabilité             | 5 à 8 ans              | 5 ans             | 15 à 20 ans         |
| Garantie               | 3 ans                  | 1 an              | 8 ans               |
| Rejet CO2 en g/KWh     | 900                    | 300               | 0                   |

Source : CDER et MEMEE.

Sur une durée de vie de 20 ans, le chauffe-eau solaire est donc plus économique que ses homologues électriques et à gaz avec un coût total de 9 000 MAD contre 41 000 MAD et 24 000 MAD respectivement. Ces données sont toutefois à relativiser d'une part car une énergie d'appoint est le plus souvent utilisée en complément de l'énergie solaire, pour les jours moins ensoleillés et, d'autre part, la durée de vie d'un chauffe-eau solaire varie énormément en fonction de la qualité du matériel, son entretien et de l'usage personnel du client.

Le chauffe-eau solaire au Maroc connaît également un autre argument de vente que sa compétitivité avec les autres énergies fossiles. En effet, étant donné l'ampleur des décès accidentels au Maroc dus à l'utilisation massive du chauffe-eau à gaz, dont certains de mauvaise qualité, la sécurité constitue un réel atout pour le solaire thermique aujourd'hui au Maroc.

### 1.2. Le photovoltaïque au Maroc

La cellule solaire, unité de base d'un panneau solaire photovoltaïque, produit typiquement une puissance de 1,3 W pour une surface de 100 cm<sup>2</sup>. Pour produire plus de puissance, des cellules solaires identiques sont assemblées pour former un module solaire (ou panneau photovoltaïque). La mise en série de plusieurs cellules solaires


additionne les tensions pour un même courant, tandis que la mise en parallèle additionne les courants en conservant la tension. La plupart des panneaux solaires photovoltaïques destinés à un usage général sont composés de trente-six cellules en silicium mono ou polycristallin connectées en série pour des applications en douze volts nominal.

Tout comme les chauffe-eau solaires à éléments séparés, les modules solaires se dimensionnent et s'adaptent à la demande énergétique des clients. Pour un dimensionnement, il faut connaître l'ensoleillement du lieu d'exposition des panneaux solaires, ainsi que les besoins énergétiques des clients.

Afin que le lecteur puisse comprendre les caractéristiques de base d'un panneau photovoltaïque, cette section présente brièvement une classification des capteurs solaires (technique, rendement et composition), les prix, les usages, ainsi que la correspondance entre les besoins énergétiques des clients et la technologie adéquate.

D'une façon générale, trois grandes technologies existent pour les capteurs solaires des panneaux photovoltaïques, détaillées dans le tableau ci-dessous, à savoir : les cellules **monocristallines**, **polycristallines** et **amorphes** <sup>(53)</sup>.

Tableau 7 - Caractéristiques des principales technologies photovoltaïques à base de silicium

| Technique   | Rendement | Caractéristiques  | Prix  |
|---|-----------|---|---|
| Cellules monocristallines (1 <sup>ère</sup> génération) | 12 à 16 % | Elaborées à partir d'un bloc de silicium en un seul cristal ; coût de production élevé  |  |
| Cellules polycristallines                               | 12 %      | Fabriquées à partir d'un bloc de silicium à cristaux multiples ; coût de production élevé   |   |
| Cellule amorphe   | 6 à 10 %  | Des couches très minces de silicium sont vaporisées sous vide sur du verre, du plastique souple ou du métal ; coût de production nettement plus bas |   |

Source : Idée Maison numéro 4, « L'électricité solaire : la solution photovoltaïque » (2008).

<sup>(53)</sup> Ses capteurs sont tous à base de silicium. Aujourd'hui la science se focalise sur la recherche d'autres matériaux afin que la filière ne soit pas dépendante de cette ressource et de réduire les coûts de production.

Plus le rendement est important, plus la technologie est chère. En général, pour les calculs énergétiques, les professionnels tablent sur un rendement de 15 % par cellule photovoltaïque selon le CDER.

D'autres procédés techniques sont expérimentés à l'étranger, notamment aux Etats-Unis. Il s'agit de la superposition de couches de semi-conducteurs fonctionnant de manière indépendante et permettant de capter une longueur d'onde plus avancée qu'avec les capteurs classiques à base de silicium<sup>(54)</sup>. L'industrie expérimente la superposition de trois jonctions pouvant atteindre jusqu'à 41,1 % de rendement<sup>(55)</sup>.

Il existe 4 grands usages possibles des panneaux photovoltaïques :

- (i) **La connexion décentralisée** : il s'agit de l'usage d'un kit photovoltaïque pour l'usage privé d'un ménage en autonomie, c'est à dire indépendamment du réseau d'électricité de l'ONE (surtout en milieu rural) ;
- (ii) **La connexion au réseau** : l'électricité produite par le kit photovoltaïque sera cette fois réinjecté dans le réseau d'électricité de l'ONE (surtout en milieu urbain) ;
- (iii) **Le pompage solaire** : l'énergie solaire peut aussi être utilisée pour pomper l'eau destinée à l'irrigation et à la consommation ménagère ;
- (iv) **La connexion en site isolé** : certains sites sont isolés des grands poteaux électriques de l'ONE ; il s'agit des bases militaires, du secteur de la télécommunication (TV, etc.) ; bien souvent ces installations à grande échelles font l'objet de partenariat public-privé entre entreprises et le gouvernement marocain ; cet usage, bien qu'important au niveau du Maroc, ne concerne pas le champ de cette étude.



Panneau photovoltaïque.  
Source : Programme de l'USAID.

Pour une connexion hors-réseau, le matériel nécessaire au bon fonctionnement d'un panneau solaire est le suivant :

- Un module de panneaux solaires ;
- Des batteries / accumulateurs (souvent en plomb) ;
- Un régulateur contrôlant le chargement et le déchargement des accumulateurs ;
- Un onduleur transformant le courant continu (CC) en courant alternatif (CA) - celui-ci n'est toutefois pas obligatoire dans le cas d'une connexion hors-réseau et dépend de l'usage.

Pour le raccordement au réseau, il faut ajouter à cela un compteur de production et de distribution de l'électricité ; par contre le régulateur et les batteries ne sont pas nécessaires. Quant à ceux soucieux de l'esthétique du bâtiment, il existe des tuiles ou ardoises photovoltaïques sur le marché européen.

Les capacités des produits commercialisés les plus courants pour ce type d'installation, sont les suivantes<sup>(56)</sup> :

- 50 Wc : cette puissance permet à un foyer rural de satisfaire son besoin en éclairage domestique uniquement ;
- 75 Wc et 100 Wc : permettant l'éclairage domestique et l'audiovisuel (noir et blanc) ;
- 200 Wc : en plus de l'éclairage et l'audiovisuel, ce système permet de bénéficier de la réfrigération.

Au niveau international, le prix du Watt crête est de 35-40 MAD. A cela se rajoutent les coûts du matériel complémentaire et l'installation. Les prix finaux pratiqués au Maroc varient énormément entre commerçants. Selon les professionnels interviewés, les prix, pose comprise, peuvent aller de 50 à 180 MAD par Wc. Cette différence de prix est un indicateur de l'une des caractéristiques du marché du photovoltaïque au Maroc : la variabilité de la qualité des produits commercialisés et des prestations offertes (installation, maintenance, service après-vente).

## Définitions

Le **Watt crête** caractérise la puissance d'un panneau photovoltaïque. En moyenne, un Watt crête correspond à la puissance d'une cellule monocristalline d'une dimension de 100 mm x 100 mm. La puissance crête représente la puissance délivrée par le panneau au point de puissance maximum (dans le diagramme Intensité/Tension) et pour une irradiation solaire de 1 000 W/m<sup>2</sup> (avec un spectre standard) avec une cellule à 25°C.

Le **kilowattheure (kWh)** est une unité de mesure d'énergie valant 3,6 mégajoules. Elle est surtout utilisée pour mesurer l'énergie électrique. C'est l'énergie correspondant à une puissance de 1 kilowatt pendant une durée d'une heure.

Source : Site Internet de Actu-Environnement.

<sup>(54)</sup> En effet, les capteurs classiques permettent d'atteindre une longueur d'onde située dans le proche infra rouge, de 800 à 1 200 nm, contre 1 850 nm pour les couches superposées.

<sup>(55)</sup> Sciences & Vie, « Le solaire, pourquoi on peut enfin y croire ? », mai 2009, p 60.

<sup>(56)</sup> Ces chiffres sont basés sur les types de technologies proposées par l'ONE dans le cadre du programme PERG.

De 1998-2008, le Maroc a mis en place un programme d'électrification rurale décentralisée, le Programme d'Electrification Rural Global (PERG), hautement subventionné par l'ONE permettant ainsi d'offrir un prix attractif aux consommateurs. Dans le cadre de concession de 10 ans, l'ONE a contracté plusieurs entreprises, majoritairement étrangères, prenant en charge la commercialisation jusqu'à l'installation, la maintenance et le service après-vente pendant toute cette durée. Le produit commercialisé le plus répandu est le panneau photovoltaïque de 75 Wc, pour lequel l'ONE versait une subvention de 4 500 MAD. Le client versant un acompte de 700 à 900 MAD et payant des mensualités de 65 MAD sur 10 ans, le prix final du produit avec subvention peut donc être estimé à environ 116 MAD le Wc, alors qu'il serait de 176 sans la subvention.

Pour le photovoltaïque connecté au réseau, le Maroc est en train de mettre en place un programme, baptisé « Chourouk », permettant la production d'électricité par l'énergie solaire et sa réinjection dans le réseau et offrant à l'auto-producteur une réduction de sa facture d'électricité pour compenser l'électricité produite par énergie solaire.

D'autres technologies que le photovoltaïque utilisent l'énergie solaire pour générer de l'électricité : il s'agit des technologies solaires à concentration. Celles-ci sont constituées de rangées de miroir cylindro-paraboliques, c'est-à-dire un cylindre coupé transversalement, qui concentre la lumière sur un tube dans lequel circule une huile synthétique. Lorsque portée à 390 degrés, cette huile

transfère sa chaleur via un échangeur, à un circuit de vapeur sous pression, qui fait alors tourner une turbine. Cette technologie permet de convertir 16 % de l'énergie solaire en électricité, et ne fait pas l'objet de cette étude.

## II. Cartographie de la chaîne de valeur des filières du solaire thermique et photovoltaïque au Maroc

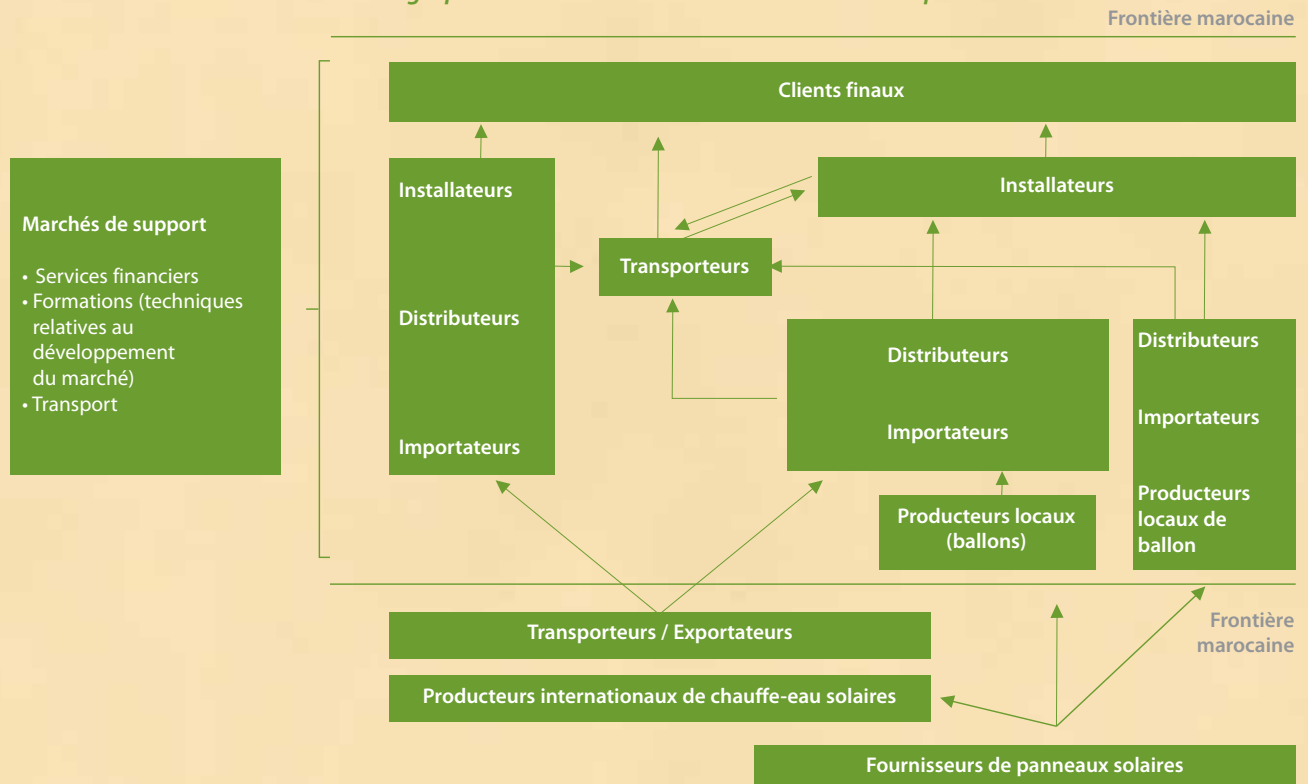
### 2.1. Chaîne de valeur du solaire thermique

Les principales fonctions identifiées dans la chaîne des valeurs de la filière du chauffe-eau solaire sont les suivantes :

**Production.** La production des chauffe-eau solaire se fait principalement à l'étranger. Toutefois, un importateur<sup>(57)</sup> est aussi fabricant de ballons de chauffe-eau solaires de façon locale, et deux producteurs locaux existent au Maroc (Rabat et Meknès).

**Importation et distribution.** Dans la plupart des cas, le chauffe-eau solaire est importé en une pièce aux fournisseurs étrangers (panneaux solaires et ballons), et distribué aux installateurs ou revendeurs-installateurs directement. La fonction de distribution, n'étant pas prise en charge par des entreprises spécialisées ayant des espaces d'exposition et de stockage, celle-ci est portée à la fois par les importateurs, les installateurs, et des petites sociétés qui s'improvisent revendeurs.

Cartographie 1 : Chaîne de valeur du solaire thermique



<sup>(57)</sup> Il est à noter, toutefois, que ceci a été possible car cet importateur a une expérience dans le domaine de la fabrication du CEG et que les investissements dans les machines avaient déjà été faits.

**Installation, maintenance et service après-vente.** Concernant le chauffe-eau solaire, il est assez fréquent de voir les importateurs vouloir installer leur marchandise afin d'en garantir une pose optimale et de garantir leur réputation. Toutefois, aucun ne peut se passer complètement du réseau des prestataires de services (revendeurs/installateurs, installateurs et Maison-Energie), qui se chargent de la revente, de l'installation et de la maintenance. Même dans le cas où un importateur sous-traite l'installation et la revente, il n'est pas rare de le voir lui-même se charger du service après-vente dans cette même approche de garantie de la qualité. Des liens commerciaux existent également entre Maisons Energie et revendeurs/installateurs et installateurs : les Maisons Energies ayant un espace de stockage limité, ces dernières recourent aux revendeurs pour se fournir en matériel afin de résoudre leur manque d'espace de stockage et limiter la longueur et le nombre des déplacements. Les prix des installations varient entre 500 MAD (pour un chauffe-eau solaire de 150 L) et 2 000 MAD (pour un chauffe-eau solaire de 300 L), et ces prix dépendent également de la démarche qualité de l'installateur et des services après-vente offerts aux clients (maintenance, etc.).

**Transport.** Le transport est le plus souvent sous-traité à des entreprises locales à la fois par les importateurs pour livrer leurs installateurs ou revendeurs, et par les installateurs eux-mêmes dans la livraison des produits à leurs clients. Les frais de transport sont également souvent portés par les installateurs pour s'approvisionner chez leurs fournisseurs. Ceux-ci sont estimés à 15 - 20 % de leurs frais totaux et peuvent aller jusqu'à 30 % selon les distances parcourues.

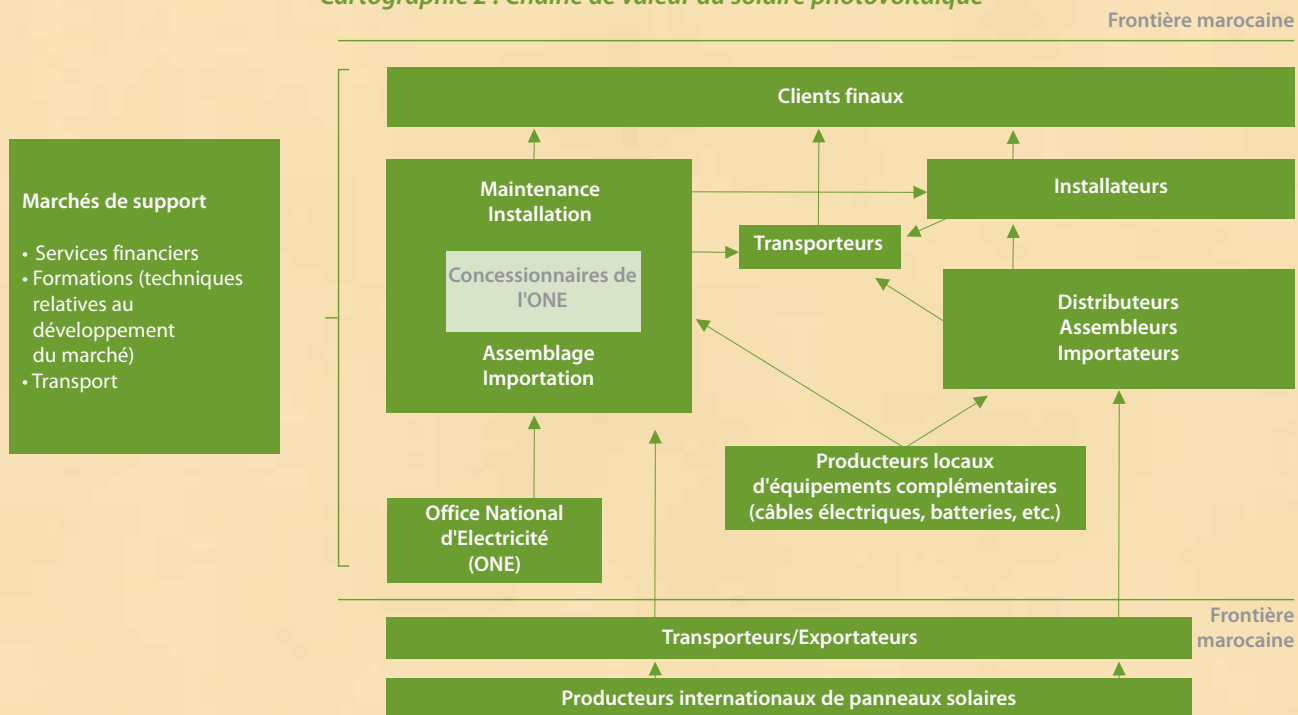
Selon les entretiens avec les importateurs, il existe un facteur multiplicateur de 2,5 entre le prix d'achat à l'importation de l'étranger et le prix de revente aux marchés finaux, ce facteur pouvant aller jusqu'à 3,5 dans certains cas.

## 2.2. Chaîne de valeur du solaire photovoltaïque

La chaîne de valeur liée à la filière du photovoltaïque a une structure qui lui est propre en grande partie à cause de l'implication de l'ONE.

**Production et assemblage.** La production des capteurs solaires se fait exclusivement à l'étranger, tandis qu'on observe un développement progressif de la production locale d'équipements complémentaires aux panneaux photovoltaïques (destinés à la production d'électricité) comme les batteries et l'appareillage électrique. Certaines entreprises produiraient même les régulateurs nécessaires aux kits photovoltaïques<sup>(58)</sup>. Certains importateurs assemblent eux-mêmes ces pièces complémentaires dans leurs usines (principalement à Casablanca). Les concessionnaires de l'ONE tendent à être des filiales d'entreprises étrangères implantées au Maroc. Ainsi, la production se fait à l'étranger dans la maison mère, et certains concessionnaires s'approvisionnent également localement en équipements complémentaires (batteries et appareillage électrique). Ce sont les concessionnaires eux-mêmes qui assemblent les pièces.

Cartographie 2 : Chaîne de valeur du solaire photovoltaïque



<sup>(58)</sup> CasalInvest, « Photovoltaïque, un marché qui décolle », p 14.

**Importation et distribution.** Certains importateurs sont spécialisés dans la commercialisation du photovoltaïque ou vendent également d'autres produits solaires comme le chauffe-eau solaire. Ces entreprises prennent elles-mêmes en charge la distribution à des installateurs ou autres revendeurs-installateurs. Les concessionnaires de l'ONE, par contre, prennent en charge non seulement la commercialisation des produits mais aussi l'installation, la maintenance et le service après-vente pendant une durée de dix ans dans le cadre du Programme d'Electrification Rurale Globale (voir ci-dessous).

**Installation, maintenance et service après-vente.** Les importateurs-distributeurs traitent le plus souvent directement avec des prestataires de services en ce qui concerne l'installation du matériel. Tout comme pour le chauffe-eau solaire, la maintenance et le service après-vente ne sont pas garantis dans la plupart des cas par les importateurs. A l'inverse, à travers les concessions de l'ONE dans le cadre du Programme d'Electrification Rurale Global (installation photovoltaïque), les concessionnaires s'engagent sur une durée de dix ans à être les prestataires de service de l'ONE, ce qui inclut l'installation, la maintenance, le service client. A cela s'ajoute la récolte des acomptes et des mensualités des clients. En effet, l'acompte versé par le client aux concessionnaires est tout de suite reversé sur un compte de l'ONE. Celle-ci s'engage à reverser ce montant (acompte) ainsi que la subvention de l'investissement au concessionnaire sous quatre-vingt dix jours.

**Transport.** Le transport est le plus souvent sous-traité à des entreprises locales à la fois par les importateurs pour livrer leurs installateurs ou revendeurs et par les installateurs eux-mêmes dans la livraison des produits à leurs clients. Les frais de transport sont également souvent portés par les installateurs pour s'approvisionner chez leurs fournisseurs.

### III. Les marchés finaux

Cette section propose une analyse des marchés finaux des technologies solaires thermiques et photovoltaïques commercialisées au Maroc. Les produits dérivés de ces deux filières étant bien différents tant au niveau de la technologie que de leur finalité, l'analyse de leurs marchés sera faite de façon séparée. Toutefois, il est à noter que ces technologies ne s'excluent pas l'une l'autre et peuvent être complémentaires. Certains marchés peuvent, en effet, comporter des solutions « multi-technologiques » alliant le thermique au photovoltaïque.

#### 3.1. Les marchés finaux de la filière du solaire thermique dans la région de Meknès-Tafilalet

Le marché mondial du solaire thermique est dominé par la Chine qui compte aujourd'hui plus de 100 millions de mètres carrés de capteurs installés. Selon le rapport EurObserver' ER 2007, le parc solaire thermique à la fin

2006 en Europe était d'environ de 20 400 270 m<sup>2</sup>, avec l'Allemagne en tête, suivi de la Grèce et de l'Autriche. L'encadré, ci-dessous, retrace les principales tendances des marchés mondiaux les plus développés pour la filière du solaire thermique.

#### Principaux marchés mondiaux pour le solaire thermique

##### La Chine

Premier producteur mondial de chauffe-eau solaires, dont la majorité est à capteurs sous vide, la Chine est également le premier marché mondial avec un parc solaire thermique de 108 millions de m<sup>2</sup> selon les derniers chiffres du « China Solar Water Heater Market Report, 2008 ». En 2007, ce marché a atteint un taux de croissance de 30 %, ce qui représente l'installation annuelle de 23,4 millions de m<sup>2</sup> de capteurs solaires, soit un peu plus de la taille du marché européen actuel. Une vingtaine de producteurs se partagent le marché, dont la valeur annuelle de production a été estimée pour chacun à CNY100 millions. La Chine compte également le plus gros fabricant mondial, le groupe chinois Himin, avec une production estimée à 1 million de chauffe-eau solaires par an selon le journal "Renewable Energy World". Selon un rapport de planification, les systèmes de chauffe-eau solaire fonctionnant en Chine atteindront les 150 millions de mètres carrés en 2010, soit une augmentation d'environ un tiers de son niveau actuel.

##### L'Europe

Bien que cinq fois plus petit que le marché chinois, le marché européen est en pleine croissance, avec un taux record en 2006 de 46 %, selon le rapport « Solar Market in Europe - Markets and Trends in 2006 » élaboré par la Fédération de l'Industrie Solaire Thermique Européenne (ESTIF). Cette croissance représente environ 2,1 GWth de nouvelles installations, soit l'équivalent d'environ 3 millions de m<sup>2</sup> de capteurs solaires installés. Les raisons de cette forte croissance citées par cet organisme sont : la hausse des prix du pétrole, le renforcement des mesures incitatives publiques dans divers pays et la coupure de gaz russe à cette époque. Selon le rapport EurObserver' ER 2007, la capacité totale en opération fin 2006 en Europe était d'environ 14,3 GWth, soit 20 400 270 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques. Le tableau, ci-dessous, présente le parc solaire thermique des six pays européens les plus dynamiques en la matière : l'Allemagne, la Grèce et l'Autriche devançant largement les autres pays avec un parc solaire thermique de plusieurs millions de m<sup>2</sup>.

#### Principaux parcs solaires thermiques en Europe (2006)

| Pays         | M2                | MWth            |
|--------------|-------------------|-----------------|
| Allemagne    | 8 574 000         | 6 001,8         |
| Grèce        | 3 287 200         | 2 301,0         |
| Autriche     | 2 838 700         | 1 987,1         |
| France       | 1 160 400         | 812,3           |
| Italie       | 866 350           | 606,4           |
| Espagne      | 681 700           | 477,2           |
| <b>Total</b> | <b>20 400 270</b> | <b>14 280,2</b> |

Source : EurObserver' ER 2007.

## Les Etats Unis

Le marché américain s'est fortement développé depuis les dernières années grâce non seulement à l'augmentation des prix de l'énergie traditionnelle, mais aussi à une politique incitative publique fédérale et étatique. En effet, l'installation de chauffe-eau solaire a fortement augmenté en 2006 grâce à l'augmentation de crédit sur les taxes d'investissements au niveau fédéral. Les installations ont quadruplé depuis 2005 sur les 48 états continentaux (à l'exclusion notamment d'Hawaï). Avant 2006, la moitié des ventes de chauffe-eau solaires des Etats-Unis se faisait à Hawaï à cause de crédits fiscaux et autres incitations. Toutefois, ce marché reste en deçà de ses voisins européens et chinois, avec un nombre total d'installations s'élevant à 193 000. De plus, le marché du solaire thermique a une structure différente des autres marchés étrangers principaux. En effet, le solaire thermique est largement dominé par les installations de chauffage des piscines avec 317 000 installations effectuées sur la période 1993-2008.

Source : « China Solar Water Heater Market Report, 2008 »; EurObserver' ER 2007; « Solar Market in Europe - Markets and Trends in 2006 » par ESTIF; Solar Energy Industry Association (SEIA) et Prometheus Institute, "US Solar Industry Year in Review (2007).

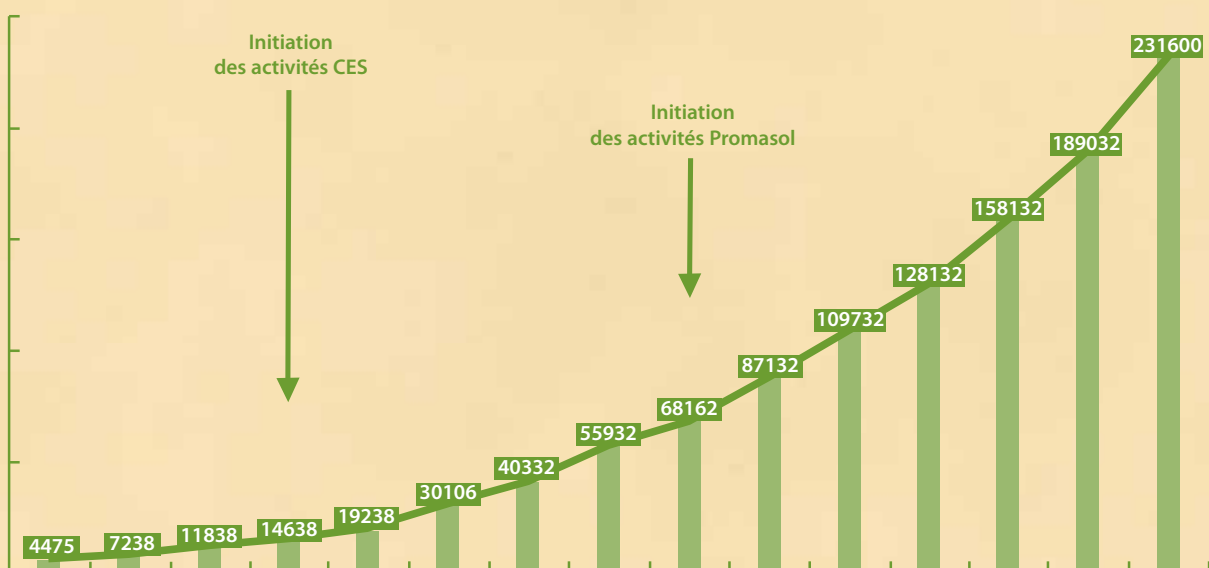
Bien qu'incomparable avec ses voisins du Nord, le marché du solaire thermique au Maroc s'est beaucoup développé ces dix dernières années, en passant d'environ 15 000 m<sup>2</sup> de chauffe-eau solaires en 1997 à 200 000 m<sup>2</sup> en 2007, le parc solaire thermique en 2008 étant estimé à 240 000 m<sup>2</sup> environ. Le graphique, ci-dessous, retrace l'évolution du parc solaire thermique au Maroc. On observe que dès l'instauration du programme PROMASOL du CDER en 2002, le parc solaire thermique a presque triplé en cinq ans.

Quant au marché potentiel national, celui-ci a été estimé à 440 000 m<sup>2</sup> (60) de panneaux solaires par le CDER à l'horizon 2012, soit environ un doublement en quatre ans (un ajout de 200 000 m<sup>2</sup>). De plus, selon une étude de la GTZ (2007), le potentiel du marché du solaire thermique pourrait atteindre 1 700 000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires d'ici 2020.

Dans le cadre d'un plan d'action d'efficacité énergétique dans le bâtiment et l'industrie, le MEMEE a signé le 8 juillet 2008 des conventions de coopération avec les ministères de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique, du Tourisme et de l'Artisanat, de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'Espace, de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies, et une signature est en cours avec le ministère de la Santé. Ces conventions fixent pour chacun des secteurs identifiés des objectifs précis à atteindre d'ici 2012 en m<sup>2</sup> de panneaux solaires à installer. Le tableau en page suivante détaille la nature de ces objectifs et récapitule le contenu de ces conventions.

Ainsi, si l'on compare le marché marocain avec celui de la Tunisie, on remarque que le Maroc est, d'une part, bien situé avec son parc solaire thermique de 240 000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires en 2008, la Tunisie ne comptant que 80 000 m<sup>2</sup> pour la même année - celle-ci est, toutefois, passée grâce à son programme PROSOL (61) de 8 000 à 80 000 m<sup>2</sup> dans la période 2004-2008. D'autre part, face à la Tunisie, qui prévoit un potentiel d'ici 2010 de 620 000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires grâce aux mécanismes innovants de promotion de la filière thermique mis en place dans le cadre du PROSOL, le Maroc reste moins ambitieux avec son objectif de 440 000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques d'ici 2012.

Graphique 1 : Parc solaire thermique du Maroc (1994-2008)



Source : CDER (59).

(59) Ces résultats sont basés seulement sur les importations et ne prennent pas en considération la fabrication locale.

(60) Le CDER s'est chargé de calculer le parc solaire thermique potentiel à l'horizon 2012 pour le Maroc. Dans le cadre de cette étude, le CDER s'est chargé de calculer le parc solaire thermique potentiel pour la région de Meknès-Tafilalet dans l'existant.

(61) Le programme PROSOL est détaillé dans la section « Mise en perspective : Etat des lieux des politiques et outils financiers étrangers pour la promotion de l'énergie solaire ».

**Tableau 8 - Récapitulatif des Conventions interministérielles signées entre le MEMEE et les ministères concernés**

| Ministères concernés   | Contenu des Conventions - réalisations d'ici à 2013   |
|--|---|
| Amélioration de l'Efficacité Energétique (EE) dans le secteur de l'habitat | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place d'une circulaire Habitat-Energie ;</li> <li>• Mise en place de 213 000 m<sup>2</sup> de chauffe-eau solaires ;</li> <li>• Généralisation de 4 millions de lampes à basse consommation ;</li> <li>• Identification de projets de démonstration pour les équipements et techniques d'efficacité énergétique et énergie renouvelable ;</li> <li>• Communication et sensibilisation ;</li> <li>• Mobilisation et accompagnement ;</li> <li>• Formation ;</li> <li>• Recherche scientifique.</li> </ul> |
| Amélioration de l'EE dans les établissements scolaires                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place d'une circulaire ;</li> <li>• Mise en place de 13 000 m<sup>2</sup> de chauffe-eau solaires ;</li> <li>• Généralisation de 1,5 millions de lampes à basse consommation ;</li> <li>• Electrification des unités scolaires par PV ;</li> <li>• Amélioration de systèmes de chauffage des centres scolaires des régions montagneuses potables ;</li> <li>• Identification de 15 projets de démonstration ;</li> <li>• Mobilisation et accompagnement ;</li> <li>• Formation.</li> </ul>               |
| Amélioration de l'EE dans le secteur du tourisme                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place d'une circulaire Tourisme-Energie ;</li> <li>• Mise en place de 18 000 m<sup>2</sup> de chauffe-eau solaires ;</li> <li>• Généralisation de 300 000 lampes à basse consommation ;</li> <li>• Identification de 10 projets de démonstration ;</li> <li>• Communication et sensibilisation ;</li> <li>• Mobilisation et accompagnement ;</li> <li>• Formation.</li> </ul>  |
| Amélioration de l'EE dans le secteur industriel                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réalisation d'audit énergétique dans les entreprises à grande consommation d'énergie ;</li> <li>• Optimisation de la consommation énergétique des entreprises auditées (mise en œuvre des recommandations des audits) ;</li> <li>• Formations ;</li> <li>• Renforcement de capacités et suivi ;</li> <li>• Action de sensibilisation et de communication ;</li> <li>• Normalisation et certification.</li> </ul>   |

Source : MEMEE

Bien que relativement développé, le marché du chauffe-eau solaire au Maroc reste aujourd'hui très homogène : il est dominé par le chauffe-eau solaire individuel à usage privé. Les clients sont majoritairement des propriétaires de villas ou de maisons de vacances, ayant un revenu permettant ce genre d'achat. Le CDER a estimé que sur la période 2006-2008, 76,5 % des installations étaient individuelles, les 23,5 % restant constituant les installations collectives publiques ou privées. Le chauffe-eau solaire collectif offre pourtant des opportunités de marchés considérables. Cette étude propose d'analyser ces marchés au niveau régional et de les hiérarchiser en prenant en compte trois critères principaux : la rentabilité de l'investissement, la taille du marché, et pour les marchés publics, l'engagement des administrations publiques à développer cette filière.

#### **Le solaire thermique dans le tourisme : un investissement rentable**

Le tourisme est l'un des secteurs économiques les plus dynamiques de la région de Meknès-Tafilalet et offre un marché potentiel attractif par l'aspect rentable que représente l'investissement dans le solaire thermique pour un hôtelier.

En effet, la rentabilité d'un chauffe-eau solaire dépend de l'énergie traditionnelle utilisée habituellement pour chauffer l'eau sanitaire, ce calcul se basant sur les économies d'énergie générées par le passage à l'énergie solaire. Plus l'énergie fossile utilisée coûte cher, plus le chauffe-eau solaire devient une solution rentable pour son usager. Ce dernier économisera tant au niveau de sa facture énergétique annuelle que des frais qu'il encoure habituellement pour la maintenance de ses installations d'énergies

conventionnelles (électricité, gaz, fuel, charbon etc.). De plus, selon les entretiens effectués avec des hôteliers de la région, le fuel reste une énergie assez répandue pour chauffer l'eau sanitaire, et l'électricité est parfois utilisée comme énergie additionnelle. Ces énergies revenant très cher à l'usage, le solaire thermique devient très compétitif pour un hôtelier désireux de diminuer sa facture énergétique. Dernièrement, les hôteliers interviewés, conscients de ce gaspillage de ressources, ont mentionné qu'ils étaient en train de réfléchir à convertir leur système de chauffage sanitaire au gaz. Le moment est donc très opportun pour ces établissements d'adopter l'énergie solaire.

Basée sur l'analyse de cas réels au Maroc, une étude menée par le bureau d'étude DPI Ingénierie évalue l'amortissement de tels investissements entre cinq et six ans selon l'énergie fossile utilisée et les contraintes de terrain observées<sup>(62)</sup>. Les propriétaires d'hôtels interviewés qualifient cette durée d'attrayante pour investir. Le tableau, ci-dessous, présente les principales conditions d'exploitation et les caractéristiques de trois cas d'étude permettant de calculer la rentabilité brute de ce type d'investissement. Ces trois cas utilisent respectivement le

charbon, le propane et le fuel comme combustible. Il est à noter que ce calcul est une estimation<sup>(62)</sup>. Tout calcul de ce genre nécessite une étude technico-financière au cas par cas, adaptée aux réalités de terrain. Les données nécessaires peuvent inclure le niveau d'ensoleillement, le positionnement du site, la consommation d'énergie, l'énergie traditionnelle et l'énergie d'appoint utilisées en complément de l'énergie solaire, etc.

Le secteur hôtelier est également attractif par la taille de son marché potentiel. En effet, la région compte 188 établissements classés, ce qui représente un total de 7 800 résidents. Le tableau, ci-dessous, fournit la classification et le nombre des établissements de la région, ainsi que la quantité de lits disponibles - éléments permettant de calculer les besoins en eau chaude sanitaire.

Selon les calculs effectués par le CDER, le potentiel existant dans la région en 2008 pour le secteur touristique s'élève à 4 600 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques, ce qui correspondrait à une production de 3,2 GWh/an, soit 277 tonnes par an d'équivalent pétrole. Ce calcul considère uniquement les établissements classés, à savoir : les hôtels de une à quatre étoiles, les auberges

**Tableau 9 - Conditions d'exploitation et rentabilité d'installations collectives en solaire thermique dans le secteur touristique au Maroc**

|   | Cas d'étude 1 | Cas d'étude 2 | Cas d'étude |
|---|---------------|---------------|-------------|
| Nombre de chambres                        | 60            | 48            | 174         |
| Type de combustible                       | Charbon       | Propane       | Fuel        |
| Consommation énergétique par an en MAD HT | 137 000       | 371 106       | 350 550     |
| Apport énergétique solaire en kWh/an      | 28 987        | 29 967        | 196 102     |
| Surface requise en m <sup>2</sup>         | 24            | 40            | 204         |
| Coût d'investissement en MAD              | 120 000       | 200 000       | 1 020 000   |
| Amortissement en mois                     | 77,83         | 50,27         | 76,62       |

Source : DPI Ingénierie

**Tableau 10 - Infrastructures touristiques dans la région de Meknès-Tafilalet**

| Type d'infrastructures touristiques   | Unités     | Nombre de lits     |
|---------------------------------------|------------|--------------------|
| <b>Etablissements classés, dont :</b> | <b>188</b> | <b>7 800</b>       |
| Hôtels classés :                      | 53         | 5 970              |
| 4 *                                   | 14         | 3 078              |
| 3 *                                   | 15         | 1 572              |
| 2 *                                   | 11         | 788                |
| 1 *                                   | 13         | 532                |
| Maisons d'hôte                        | 12         | 162                |
| Auberges touristiques                 | 20         | 820                |
| Résidences touristiques               | 6          | 510                |
| Gîtes classés                         | 16         | 223                |
| Campings                              | 10         | 1 652 emplacements |
| <b>Etablissements non classés</b>     | <b>126</b> | <b>2 720</b>       |

Source : Délégation régionale du tourisme de Meknès-Tafilalet

<sup>(62)</sup> DPI Ingénierie précise que les valeurs présentées sont estimatives et sont fonction d'éléments adossés. Elles présentent des appréciations de références à titre d'illustration et de synthèse. Elles peuvent différer des valeurs réelles. Ces valeurs ne sont aucunement endossées, offertes ou garanties.



Installation collective de chauffe-eau solaires à éléments séparés - Source : CDER.

touristiques, les résidences touristiques, les maisons d'hôtes, ainsi que les gîtes. De plus, si la région équipait ces établissements touristiques, 2 470 tonnes de CO<sub>2</sub> serait également évitées par an (voir tableau n°12) ; celle-ci pourrait également bénéficier de financement dans le cadre des mécanismes MDP.

Les prévisions du MEMEE concernant ce secteur au niveau national sont également encourageantes avec un objectif de 18 000 m<sup>2</sup> de capteurs solaires à atteindre d'ici 2012. Ce calcul inclut l'existant et les nouvelles constructions projetées par le ministère d'ici 2012. En 2006, le Maroc comptait 618 hôtels classés, soit 120 000 lits.

Un des obstacles principaux au développement de ce marché est le manque d'information sur cette technologie. D'une part, la rentabilité est encore méconnue. D'autre part, elle dépend non seulement de l'usage du client, mais aussi de la qualité de l'installation et de la maintenance effectuée tout au long de la durée de vie du produit (de quinze à vingt ans). Un conseil de qualité et des études de faisabilité professionnelles sont clés dans la bonne exploitation des installations solaires thermiques sur la durée. Certaines expériences passées, où ces conditions n'étaient pas respectées, ont fait mauvaise presse chez les clients et ont freiné le développement du marché.

#### **Le solaire thermique dans l'habitat : une échelle importante**

L'habitat est le secteur offrant le marché potentiel le plus vaste, l'état marocain construisant 150 000 logements par an dans le Royaume. En témoignent les objectifs fixés dans le cadre de la convention de coopération signée entre le MEMEE et le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme qui prévoit la mise en place de 213 000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires d'ici 2012 au Maroc. Cette évaluation inclut différents types de construction, à savoir : les villas (superficie > 200 m<sup>2</sup>), les villas économiques



Installation de chauffe-eau solaire monobloc Source : CDER.

(superficie < 200 m<sup>2</sup>) et les appartements haut standing. En effet, bien que le marché actuel du chauffe-eau solaire se concentre essentiellement sur l'équipement des villas et maisons de vacances en chauffe-eau solaire individuel, d'autres niches existent comme les villas économiques et les immeubles (précisément les appartements haut et moyen standing).

Les nouvelles constructions constituent une priorité étant donné que les habitations déjà construites n'incluent que rarement les conduites d'eau chaude et froide en terrasse permettant d'installer un chauffe-eau solaire sans avoir à encourir des frais supplémentaires<sup>(63)</sup>. Ainsi, de 2005 à 2007, la région comptait une moyenne de 130 nouvelles constructions de villas par an dans les communes urbaines de la région, une moyenne de 332 nouveaux immeubles construits sur la même période, 3 050 appartements en 2007 ainsi que 222 villas économiques la même année. Le marché potentiel s'élève à 8 848 m<sup>2</sup> de panneaux solaires dans la région de Meknès-Tafilalet au total, selon les calculs effectués par le CDER, dont 2 748 m<sup>2</sup> pour les villas et villas économiques<sup>(64)</sup>. Ce potentiel représenterait une production de 6 193 600 KW/h th et équivaldrait à 533 TEP/an. Il permettrait d'éviter également l'émission de 4 744 tonnes de CO<sub>2</sub> par année.

Concernant les logements sociaux et économiques, le CDER en partenariat avec la Direction Technique de l'Habitat a évalué, dans le cadre de la convention interministérielle, la possibilité d'inclure le chauffe-eau solaire dans ce type de logements. Les conclusions indiquent que ce projet serait non rentable et difficile à mettre en œuvre. D'une part, le chauffe-eau solaire est trop cher en comparaison du prix d'un logement social. D'autre part, les chauffe-eau solaires prennent trop d'espace dans ce type de logements, ceux-ci ayant une superficie moyenne d'environ 50 m<sup>2</sup>.

<sup>(63)</sup> Cet élément a souvent été cité comme une contrainte décourageante par les clients potentiels interviewés.

<sup>(64)</sup> Ce calcul se base sur les statistiques de la Délégation Régionale du ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'Espace pour l'année 2007, et ne comprend que les villas, les villas économiques, et les appartements, à l'exception des logements économiques.

Un des principaux obstacles au développement de ce marché est l'aspect limité de la rentabilité d'un tel investissement pour un propriétaire. En effet, l'énergie traditionnelle utilisée par les ménages dans ce secteur est en général le gaz qui, hautement subventionné par l'état, rend l'investissement dans un chauffe-eau solaire moins intéressant que dans le secteur hôtelier par exemple, où le fuel et l'électricité sont plus couramment utilisés. Bien que le chauffe-eau solaire soit compétitif avec le gaz et l'électricité sur vingt ans (voir tableau 6 « Comparaison des technologies de production d'eau chaude sanitaire au Maroc »), cette durée reste longue pour un ménage moyen.

### Projets en cours dans le secteur de l'habitat

1. L'élaboration de la convention de partenariat entre le CDER et la Société d'Aménagement Al Omrane Béni Mellal (signée le 6 novembre 2008) pour l'accompagnement de la nouvelle ville Sahel Lakhayta (1 300 ha, 300 000 habitants) à intégrer des mesures d'efficacité énergétique, notamment 100 000 m<sup>2</sup> de capteurs solaires thermiques dans les 50 000 nouveaux logements qui vont être construits ;
2. Pour la ville nouvelle de Tamesna : le PROMASOL a accompagné, en 2007-2008, Al Omrane Tamesna dans le projet d'équipement de villas en chauffe-eau solaires. Ce projet a été concrétisé par l'installation de 202 systèmes solaires individuels en thermosiphon de 300 litres chacun, totalisant une surface de 808 m<sup>2</sup>.

Source : CDER

A moins de rendre l'inclusion du chauffe-eau solaire obligatoire dans les nouvelles constructions ou de mettre en place des installations collectives permettant de faire des économies d'échelle, ce secteur risque de se développer très lentement. Le Maroc a déjà fait quelques avancées en la matière. Certains projets de démonstrations incluant le chauffe-eau solaire dans la construction de « villes nouvelles » ont déjà vu le jour au Maroc (ou sont en cours de construction). L'encadré, ci-dessus, présente deux grandes initiatives existantes.

Dans ce sens, une circulaire Habitat-Energie signée le 6 novembre 2008 entre le MEMEE et le ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'Espace permet d'être optimiste. Cette circulaire prévoit l'inclusion pour toute nouvelle construction, des conduites d'eau chaude et froide vers la terrasse pour les opérateurs privés, et de chauffe-eau solaires pour les opérateurs publics. Bien qu'encourageante, cette circulaire n'a aujourd'hui aucune valeur contraignante et son respect ne dépend que de la bonne volonté des opérateurs. D'autres pays du pourtour méditerranéen ont modifié leur code de construction. En 2005, l'Espagne a procédé à des modifications de sa réglementation du bâtiment <sup>(65)</sup>

dans le cadre du Plan des Energies Renouvelables 2005-2010 (PER). Ce code impose depuis lors l'installation de capteurs solaires dans la construction des nouveaux logements ou des logements réhabilités pour l'eau chaude sanitaire. Le PER, quant à lui, impose que 60 % de la consommation énergétique de ces nouveaux bâtiments soit d'origine solaire thermique.

### Le solaire thermique dans les infrastructures publiques scolaires et sanitaires : un facteur de développement social

*Les infrastructures scolaires et universitaires.*

Aujourd'hui, le secteur de l'éducation nationale offre un potentiel important à deux niveaux : l'équipement en solaire thermique des internats en milieu rural et l'équipement des cités universitaires de la région.

Actuellement, les internats ruraux de la région n'ont pas d'accès à l'eau chaude sanitaire. La plupart d'entre eux ont signé des conventions avec les hammams avoisinants de manière à ce que les élèves puissent bénéficier de douches chaudes environ une fois par semaine. L'accès à l'eau chaude sanitaire améliorerait de façon considérable la qualité de vie des élèves. Toutefois, cet investissement n'est pas rentable : d'une part, l'eau n'étant pas chauffée dans les internats, la rentabilité d'une installation en solaire thermique ne peut être calculée à partir des gains d'évitement <sup>(66)</sup> ; d'autre part, le budget alloué aux hammams ne permettrait pas d'amortir le coût de l'investissement en énergie solaire sur une période raisonnable. Ce genre de projet a donc besoin d'un engagement public fort. A ce titre, le ministère de l'Education Nationale prévoit l'installation de 13 000 m<sup>2</sup> de chauffe-eau solaire à l'horizon 2012 dans le cadre de la convention relative à l'énergie renouvelable et l'efficacité énergétique signée avec le MEMEE en juillet 2008, ce qui est encourageant.

Concernant les cités universitaires, un potentiel existe tant au niveau des infrastructures existantes que des nouvelles constructions. Le chauffe-eau solaire peut servir à fournir des douches dans les dortoirs des universités du pays. En 2006, le Maroc comptait 27 cités universitaires, soit 32 000 résidents.

L'encadré en page suivante retrace les principales statistiques de la région en matière d'infrastructures scolaires et sanitaires. La région compte 21 internats, totalisant 62 dortoirs, soit 3 124 résidents. Selon les calculs du CDER, ceci représente un parc solaire thermique potentiel de 1 250 m<sup>2</sup> de capteurs solaires. L'énergie produite par l'équipement de ces infrastructures serait de 875 000 kwhth/an, ce qui équivaldrait à 75 TEP/an. Un tel projet générerait également 670 tonnes/an de CO<sub>2</sub> évité pouvant ainsi bénéficier de financements MDP.

<sup>(65)</sup> Il s'agit de son « Codigo Tecnico de la Edificacion » (CTE).

<sup>(66)</sup> Les gains d'évitement sont les économies énergétiques, et donc financières, générées grâce au remplacement de technologies basées sur l'énergie fossile par une technologie basée sur le solaire thermique.



Installation de solaire thermique à l'Université Al Akhawayn à Ifrane - Source : Programme USAID.

#### Internats ruraux de la région :

- 21 internats
- 62 dortoirs
- 3 124 résidents

#### Cités universitaires de la région

- Publiques :
  - Cité universitaire de Meknès : 1 456 lits
  - Cité universitaire d'Errachidia : 1 600 lits
- Privées (à Meknès) :
  - Cité Dar Ettalib : 438 lits
  - Cité Gabri : 400 lits
  - Autres : 350 lits
- Privées en construction (à Meknès) :
  - Près de l'Ecole Supérieure des Arts et Métiers : 898 lits
  - À côté de la Faculté des Lettres : 324 lits
  - À côté de la Faculté de Droit : 2 000 lits

Ces cités universitaires seront terminées en 2010-2012.

**Total = 8 cités universitaires, soit 7 466 lits.**

Source : Académie Régionale de l'Éducation et de la Formation et Université Moulay Ismail

De même, les cités universitaires offrent un grand potentiel. La région possède deux cités universitaires publiques, représentant un potentiel de 1 320 m<sup>2</sup> de capteurs solaires, trois cités universitaires privées, représentant un potentiel de 640 m<sup>2</sup> de capteurs solaires, et trois cités universitaires privées en construction, représentant un potentiel de 1 718 m<sup>2</sup> de capteurs solaires. Au total, les cités universitaires représentent un marché potentiel de 3 982 m<sup>2</sup> de capteurs solaires. Le potentiel régional total dans le secteur de l'éducation pour le solaire thermique est donc de 5 232 m<sup>2</sup> de capteurs solaires.

L'université Al Akhawayn, établissement privé situé à Ifrane, constitue un exemple en la matière. En 2004, l'université s'est équipée dans le cadre du programme PROMASOL d'une installation collective à circulation forcée de 120 m<sup>2</sup> de capteurs solaires afin de chauffer les

douches des dortoirs du campus. Avec un taux de couverture des besoins énergétiques de 73,6 %, cette installation offre un retour sur investissement de cinq ans. Ce genre de projet offre donc une rentabilité intéressante.

**Tableau 11 - Caractéristiques de l'installation en solaire thermique de l'Université Al Akhawayn à Ifrane**

| Caractéristiques                | Valeurs                |
|---------------------------------|------------------------|
| Superficie de l'installation    | 120 m <sup>2</sup>     |
| Capacité                        | 4 000 litres           |
| Apport solaire thermique annuel | 79 kWh/an              |
| Energie d'appoint               | Chauffe-eau électrique |
| Economie d'énergie              | 95 000 MAD/an          |
| Temps de retour                 | 5 ans                  |
| Taux de couverture solaire      | 73,6 %                 |
| Date de mise en service         | 2004                   |

Source : CDER

**Les infrastructures sanitaires.** Quant aux infrastructures sanitaires, les unités faisant usage de l'eau chaude comme les hôpitaux, les centres de soins urbains et communautaires, et les centres avec cellules d'accouchement représentent un potentiel, évalué à 870 m<sup>2</sup> de capteurs solaires. Le tableau, ci-dessous, illustre le type et le nombre des infrastructures sanitaires de la région.

#### Total de 279 infrastructures sanitaires publiques :

- 13 hôpitaux
- 9 hôpitaux locaux
- 54 centres de soin urbains
- 68 centres de soin communautaires
- 38 centres de soins avec cellule d'accouchement
- 97 dispensaires ruraux

Source : Direction régionale de la santé publique à Meknès

La région comporte 13 hôpitaux, 9 hôpitaux locaux, 54 centres de soin urbains, 68 centres de soin communautaires, et 38 centres de soins avec cellule d'accouchement, soit un total de 182 infrastructures sanitaires publiques

pouvant être équipées en chauffe-eau solaires dans la région - les dispensaires n'étant pas pris en compte. Le ministère de la Santé est actuellement en négociation pour la signature d'une convention avec le MEMEE prévoyant l'installation de 8 000 m<sup>2</sup> d'ici 2012 dans le Royaume.

### Les autres usages du solaire thermique dans la région

Le secteur de l'industrie présente également un potentiel pour le solaire thermique. En effet, la région est riche en industries agroalimentaires, et le chauffe-eau solaire pourrait être utilisé pour l'eau chaude sanitaire de leurs douches collectives. De plus, le secteur de l'agriculture est très développé dans la région, et le chauffe-eau solaire pourrait être utilisé dans les exploitations ayant recours à l'eau chaude dans les processus de production. Les cultures de la prune, pomme et la production laitière ont été identifiées comme opportunes lors d'entretiens avec les acteurs locaux. A titre illustratif, l'Ecole Nationale d'Agriculture (ENA) de Meknès a contacté un importateur de chauffe-eau solaire implanté dans la région afin de s'équiper de manière à utiliser l'eau chaude dans le cadre d'activités liées aux produits laitiers organisés par l'Ecole.

**Tableau 12 - Récapitulatif des caractéristiques principales du marché potentiel du solaire thermique dans la région de Meknès-Tafilalet**

| Secteurs Concernés | Potentiel existant en m <sup>2</sup> | Energie équivalente en TEP/an | CO <sub>2</sub> évité en tonne/an |
|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Tourisme           | 4 600                                | 277                           | 2 470                             |
| Habitat            | 8 848                                | 533                           | 4 744                             |
| Education          | 5 232                                | 315                           | 2 805                             |
| Santé              | 870                                  | 52                            | 470                               |
| <b>Total</b>       | <b>19 550</b>                        | <b>1 177</b>                  | <b>10 489</b>                     |

Source : CDER.

### 3.2. Les marchés de la filière photovoltaïque dans la région de Meknès-Tafilalet

Aujourd'hui rien n'empêche un ménage marocain de s'équiper à ses frais en panneaux solaires photovoltaïques, mis à part le coût important des technologies. Le marché du photovoltaïque a une structure bien différente de celle du solaire thermique. Comme le dit l'un des concessionnaires de l'ONE interviewé dans le cadre de cette étude : « *le marché du photovoltaïque au Maroc est l'inverse de celui du chauffe-eau solaire. Quand ce dernier est un réel marché privé, le marché du photovoltaïque aujourd'hui est plutôt à qualifier d'institutionnel* ».

En effet, au contraire des pays européens, où la plus grande part de marché constitue la connexion au réseau national d'électricité grâce à des politiques incitatives du « feed-in-tariff », l'électrification rurale décentralisée (ERD) - c'est à dire l'équipement des ménages en pan-

neaux photovoltaïques dans les milieux ruraux et isolés - a constitué jusqu'à nos jours l'essentiel du marché marocain. Ayant été très encadré par l'ONE dans le cadre de deux programmes - le Programme Pilote d'Electrification Rurale décentralisée (PPER) et le Programme d'Electrification Rurale Global (PERG), l'ONE apparaît comme un acteur incontournable et structurant du marché marocain. Le tableau, ci-dessous, retrace un bref historique du développement de la filière photovoltaïque au Maroc à travers quatre phases successives depuis les années 1980.

### Historique du photovoltaïque au Maroc

Le marché des panneaux photovoltaïques au Maroc a environ trente ans et a évolué en quatre phases successives :

- **Phase 1 (1983-1985), un contexte national favorable au développement du photovoltaïque** - Le contexte marocain de l'époque était marqué par un exode rural important, une sécheresse intense, et un taux faible d'électrification rurale ne dépassant pas les 14 %. Accroître l'accès à l'eau potable et à l'électricité était donc devenu une priorité pour le gouvernement. Cette période marque la création du CDER comme un centre d'étude et de recherche dédié aux énergies renouvelables. Le panneau photovoltaïque suscitait beaucoup d'engouement et était perçu comme une réponse possible à ces contraintes du monde rural.
- **Phase 2 (1985-1990), période de démonstration** - Des projets pilotes ont vu le jour afin de démontrer la faisabilité technique des technologies solaires, ainsi que leur faisabilité sociale. En effet, l'accès soudain à l'électricité et à l'eau peut bouleverser les mœurs dans les milieux ruraux traditionnels. Dans le cadre de ces projets pilotes, les technologies étaient mises gratuitement à disposition des populations des provinces du Sud afin de tester les techniques de séchage, d'électrification rurale et de pompage de l'eau.
- **Phase 3 (1990-1995), lancement de programmes régionaux** - Suite aux projets de démonstration, plusieurs bailleurs de fonds ont développé des programmes dédiés à l'énergie renouvelable, comme l'USAID, l'Agence Française de Développement (AFD), la GTZ, et l'Agence Canadienne de Développement International (ACDI). Pendant cette phase, l'ONE a mis en place le Programme Pilote d'Electrification Rurale décentralisée (PPER) consistant notamment à l'équipement de villages en panneaux photovoltaïques, spécifiquement autour de villes comme Safi, Casablanca et Errachidia. Une des conclusions de cette phase est que le photovoltaïque peut contribuer au développement rural et au désenclavement des populations. De plus, certains problèmes techniques ont pu être résolus (batteries, régulateurs) ; ceux-ci à l'époque avaient malheureusement terni la réputation des technologies solaires. De façon générale, il s'agissait aussi d'évaluer l'intégration sociale de ces technologies au niveau national.

• Phase 4 (1995 à nos jours), le Programme d'Electrification Rural Global (PERG), une approche nationale - Alors que le PPER mettait l'accent sur la garantie de l'équipement, le Maroc a adopté pendant cette période une approche pérenne se focalisant sur la garantie de services de qualité. Ceci s'est fait à travers des appels d'offres massifs avec des concessionnaires sur une durée de dix ans. Le PERG constitue un grand effort de généralisation de l'accès à l'électricité dans le milieu rural.

Source : Entretien avec le CDER

Un des constats frappant de cette évolution du photovoltaïque au Maroc est, qu'en parallèle aux phases 2 et 3 marquant une période de test pour cette technologie, le secteur privé s'était développé de façon autonome et s'intéressait à l'importation et l'assemblage de panneaux photovoltaïques, ainsi qu'à la production de matériel complémentaire. L'arrivée du PERG a totalement bouleversé ce paysage privé en donnant la majeure partie des contrats à de grandes entreprises étrangères. Depuis lors, les entreprises marocaines peinent à se maintenir sur le marché, selon les entretiens menés avec les importateurs.

De plus, certaines entreprises, devenues concessionnaires de l'ONE dans le cadre du PERG, se sont plaintes du caractère ambigu de certaines situations. Un importateur raconte : « le marché aujourd'hui ne me permet plus de continuer l'électrification rurale décentralisée de façon indépendante. Sur 7 000 kits installés, il en reste 2 500, car l'ONE nous a fait les désinstaller dans le cadre du PERG. Les présidents de communes venaient réclamer à l'ONE le raccord au réseau et non l'énergie solaire ». Selon lui, le problème est que l'ONE n'a pas une cartographie claire des zones du Maroc qu'il faudrait dédier au photovoltaïque décentralisé et à la connexion au réseau. Une étude sérieuse des zones où le panneau photovoltaïque est plus rentable que le raccord au réseau permettrait une meilleure organisation du marché. Ainsi, on assiste à une sorte de double politique où, d'une part, le MEMEE promeut l'usage des énergies renouvelables afin de réduire la facture énergétique du Maroc, et d'autre part, il poursuit un programme d'électrification rurale décentralisée privilégiant l'accès au réseau traditionnel d'électricité.

Graphique 2 : Unités Photovoltaïques importées (75 Wc)



La taille du marché depuis son origine dès les années 1980 est difficile à retracer par manque de statistiques fiables. Toutefois, les statistiques de l'Office des Changes, représentées dans le graphique, ci-dessus, montrent l'évolution du volume des importations de 2003 à 2007 : l'importation de panneaux solaires a, en effet, augmenté de près d'un tiers en quatre ans, passant de 12 524 à 19 269 unités de 75 Wc de 2003 à 2007. Une légère baisse est toutefois à noter en 2004, probablement due à la montée importante des prix du silicium<sup>(67)</sup> - le matériau de base d'un panneau photovoltaïque - à cause de la reprise du marché des semi-conducteurs à cette époque.

Ce graphique se base sur les données brutes contenues dans le tableau, ci-dessous, qui présentent la quantité de panneaux photovoltaïques importée en tonnes, ainsi que la valeur correspondante en milliers de dirhams. L'unité la plus répandue pour l'électrification rurale décentralisée étant le panneau de 75 Wc, celle-ci a été retenue comme référence pour évaluer l'évolution des importations. Afin d'obtenir l'équivalence dans l'unité sélectionnée, le montant en milliers de MAD a été divisé par le prix d'un Wc estimé à 33 MAD en moyenne sur cette période sur le marché international par un concessionnaire de l'ONE, puis divisé par 75 pour obtenir le nombre de panneaux photovoltaïques V de 75 Wc importés durant cette période.

Tableau 13 - Importations de cellules photovoltaïques de 2003 à 2007

| Type d'énergie solaire   | 2003 (tonnes) | Valeur en KMAD | 2004 (tonnes) | Valeur en KMAD | 2005 (tonnes) | Valeur en KMAD | 2006 (tonnes) | Valeur en KMAD | 2007 (tonnes) | Valeur en KMAD |
|--------------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Cellules photovoltaïques | 134           | 30 997         | 119           | 24 816         | 156           | 33 723         | 152           | 34 421         | 271           | 47 693         |

Source : Office des changes.

<sup>(67)</sup> Selon Reuters, suite à la reprise du marché des semi-conducteurs, le prix d'un kilo de silicium très pur, qui se négociait à 6 USD a été multiplié par dix en 2004, [http://www.fiec.org.br/artigos/energia/lenergie\\_solaire\\_est\\_penalisee\\_par\\_le\\_prix\\_du\\_silicium.htm](http://www.fiec.org.br/artigos/energia/lenergie_solaire_est_penalisee_par_le_prix_du_silicium.htm), 23/01/2004.