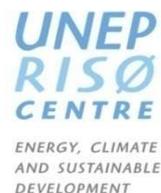
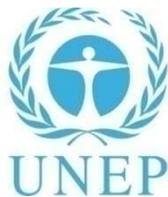
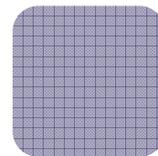
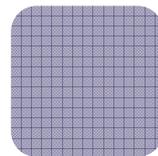
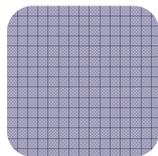
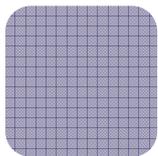




**Maroc**

# **EVALUATION DES BESOINS TECHNOLOGIQUES ET PLAN D' ACTIONS TECHNOLOGIQUES AUX FINS D' ATTENUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE**

Août 2012



## **Préambule**

Le présent rapport a été préparé par Dr. Abdelmourhit Lahbabi dans le cadre d'une mission d'assistance technique à l'Evaluation des Besoins en Technologies (EBT) d'atténuation des émissions des GES et d'élaboration d'un Plan d'Actions Technologiques du Maroc (PAT). La mission a été réalisée au profit du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement du Royaume du Maroc (MEMEE) et du centre RISO de l'UNEP. Les travaux de la mission d'élaboration du présent PAT ont été réalisés sous la supervision et la coordination institutionnelle de la Direction de l'Observation et de la Programmation au Département de l'Energie du MEMEE, Point Focal du Projet.

L'identification, la hiérarchisation et la sélection des technologies d'atténuation ont été faites dans le cadre de travaux de Groupes de travail instaurés à cet effet conformément au processus de concertation du projet EBT.

L'auteur tient à remercier les représentants des départements ministériels, les établissements publics, les associations professionnelles pour leur participation active et pour leur contribution aux travaux de Groupes et à l'élaboration des fiches des technologies sélectionnées.

## Préface

Au cours des cinq décennies écoulées l'ensemble des pays de la planète a connu des perturbations majeures du climat, conduisant à des catastrophes naturelles dévastatrices et des pollutions meurtrières. Les écosystèmes se dégradent de façon incontestable, ce qui remet en question leur équilibre vital. Les ressources naturelles sont soumises à une surexploitation effrénée qui compromet leur durabilité.

Ces perturbations aux manifestations multiformes: inondations et sécheresses, cyclones, ouragans, fonte de glaciers et des calottes glacières des pôles, pluies diluviennes et glissements de terrains, éruptions volcaniques inhabituelles, incendies de forêts, élévation du niveau de la mer ..., n'ont pas manqué d'attirer l'attention de la Communauté internationale.

C'est ainsi que de nombreuses études et réflexions sont engagées par diverses instances internationales depuis les années 70. Pour ne pas être exhaustif je n'en citerai que deux exemples bien connus, « Halte à la croissance? » et « Notre avenir à tous » plus connu sous le titre de « Rapport Brundtland ».

La première étude a été réalisée par un groupe de chercheurs du MIT et publiée par le Club de Rome en 1972. Elle souligne les dangers écologiques de la croissance économique et démographique que connaît le monde à cette époque.

La seconde, publiée en 1987, est le Rapport de synthèse des travaux de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'ONU. Elle constate une grave dégradation de l'environnement à l'échelle de la planète. Celle-ci est bien la conséquence des modes de consommation et de production non durables des pays du Nord, et de la grande pauvreté qui prévaut dans les pays du Sud. Ainsi est né le concept de développement durable dont la définition universellement admise découle des travaux de cette commission de l'ONU.

Le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), mis en place en 1988 par l'Organisation Mondiale de la Météorologie et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, évalue à intervalles réguliers l'état des connaissances relatives au changement climatique. Ses Rapports, et notamment le Quatrième publié en 2007, ont mis en évidence de manière progressive et méthodique, les fortes corrélations entre les émissions de gaz à effets de serre (GES), le réchauffement de la planète et les manifestations dramatiques des changements climatiques qui n'épargnent aucun pays.

Conscient des enjeux et des défis, auxquels l'Humanité toute entière doit faire face, le Maroc n'a pas hésité à être parmi les premiers signataires des Conventions du Sommet de la Terre en 1992, et parmi les premiers pays à les ratifier. Il s'engage, volontairement, à contribuer aux efforts de la Communauté internationale en inscrivant, dans ses Stratégies nationales sectorielles, la mise en œuvre d'une politique concertée d'atténuation des émissions de gaz à effets de serre (GES), et d'adaptation aux effets néfastes du changement climatique.

Leur mise en œuvre, matérialisée par un ensemble de projets d'envergure nationale, voire régionale, requiert des technologies appropriées et conformes aux prescriptions de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique.

Dans son article 1 elle déclare, je cite, « ... l'objectif ultime de la présente Convention, et de tous instruments juridiques connexes que la Conférence des Parties pourrait adopter, est de stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable.»

Le Plan d'Action Technologique que j'ai le plaisir de préfacier, et de vous présenter, s'inscrit parfaitement dans les principes fondamentaux de la CCNUCC(Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique) et dans le Programme stratégique de transfert de technologies de Poznan (14ème COP décembre 2008).

Le Maroc et quarante-quatre pays en développement Parties non Annexe 1 de la Convention, ont été choisis pour engager une nouvelle Evaluation de leurs Besoins Technologiques (EBT-CC),et élaborer leur Plan d'Actions Technologiques, pour bénéficier des mesures et moyens prévus pour le transfert de technologies. Il s'agit d'encourager ces pays à identifier, selon un processus de concertation participative, les technologies qui s'inscrivent dans les priorités de leurs stratégies nationales de développement durable. Celles-ci devront contribuer significativement à l'atténuation des émissions de GES, et réduire la vulnérabilité des populations et des secteurs économiques aux impacts des changements climatiques.

Au Maroc l'Evaluation des Besoins Technologiques et l'élaboration du Plan d'Actions Technologiques ont été confiées à deux experts nationaux, la Direction de l'Observation et de la Programmation assurant la coordination et le suivi des travaux sous l'autorité du Comité National composé des représentants des instances publiques, semi publiques et privées concernées par les changements climatiques.

Lors de sa première réunion du 15 décembre 2010, à l'issue de la présentation de la note méthodologique préparée par les deux experts, le Comité National a validé le processus de l'EBT-CC, identifié les secteurs économiques prioritaires, les uns concernés par la réduction des émissions des gaz à effet de serre (GES),les autres par l'impératif de la réduction de la vulnérabilité consécutive aux changements climatiques.

Les technologies qui vous sont présentées dans le PAT ont été identifiées, hiérarchisées et priorisées de manière participative, à l'issue de plus de soixante réunions des Groupes sectoriels composés de représentants des institutions publiques et privées concernées.

Le Professeur A. Lahbabi, expert en atténuation, a animé et dirigé les groupes des secteurs de l'énergie, de l'industrie et de l'habitat. Leurs travaux ont abouti au choix de quatre technologies que vous retrouvez dans le document du volet atténuation.

Le Professeur M. Sinan a animé et dirigé les groupes des secteurs de l'eau et de l'agriculture. Le volet adaptation présente douze (12) technologies, dont sept pour le secteur de l'eau et cinq (5) pour l'agriculture, dont deux relèvent de la recherche/développement.

Le Groupe horizontal Recherche et développement, animé conjointement par les deux experts, a identifié cinq (5) technologies dont certaines étaient mûres pour être développées et déployées dans des projets à réaliser tels que le logement social durable pour le volet atténuation, le semis direct en agriculture et la recharge artificielle des nappes phréatiques pour le secteur de l'eau dans le cadre du volet adaptation.

Le Docteur M. Sedrati a, tout au long du processus, assuré la fonction de facilitateur au cours des réunions de l'ensemble des groupes sectoriels et des contacts avec les secteurs concernés.

Le Plan d'Action Technologique, avec ses deux volets complémentaires « Atténuation et Adaptation », a été élaboré par les experts et les porteurs de projet, à la satisfaction du Comité National Marocain, de la Coordination nationale et des Coordonnateurs Régionaux du Projet d'Evaluation des Besoins Technologiques pour le Changement Climatique.

J'adresse toutes mes félicitations à l'équipe qui a su mener avec doigté les travaux des différents groupes sectoriels, aux membres de ces groupes et aux institutions qu'ils représentent pour leur engagement et leur soutien tout au long du processus, et à tout ceux et celles qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Monsieur Fouad DOUIRI

Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement



## ABREVIATIONS ET ACRONYMES

ABH	: Agence de Bassin Hydraulique
ADA	: Agence de Développement Agricole
ADEREE	: Agence de Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique
AIE	: Agence Internationale de l'Energie
AMISOLE	: Association Marocaine des Industries Solaires et Eoliennes
APC	: Association Professionnelle des Cimentiers
CC	: Changement Climatique
CCNUCC	: Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CCS	: Carbon Capture and Storage
CES	: Chauffe Eau Solaire
CEEB	: Code d'Efficacité Energétique dans le Bâtiment
CGEM	: Confédération Générale des Entrepreneurs du Maroc
CNP	: Comité National du Projet
CNRST	: Centre National de la Recherche Scientifique et Technique
CPP	: Comité de Pilotage du Projet
CPV	: Concentrating Photovoltaic
CSC	: Captage et Stockage du Carbone
CSP	: Concentrating Solar Power
DEA	: Direction de l'Eau et de l'Assainissement
DEPP	: Direction des Etudes, de la Planification et de la Prospective
DGCL	: Direction Générale des Collectivités Locales
DMN	: Direction de la Météorologie Nationale
DOP	: Direction de l'Observation et de la Planification
DPCC	: Direction du Partenariat, de la Coopération et de la Communication
DTIE	: Division de l'Industrie, de la Technologie et de l'Economie (PNUE)
EBT	: Evaluation des Besoins en Technologies Climat
EE	: Efficacité Energétique
EHTP	: Ecole Hassania des Travaux Publics
ENFI	: Ecole Nationale de la Forêt
EnR	: Energie Renouvelable
FDE	: Fonds de Développement Energétique
FEC	: Fonds d'Equipeement Communal
FEM	: Fonds Environnement Mondial
FT-CGEM	: Fédération du Transport de la Confédération Générale des Entreprises du Maroc
GES	: Gaz à Effet de Serre

## Abréviations et Acronymes

### Maroc

GPBM	: Groupement Professionnel des Banques du Maroc
GTP	: Groupes de travail du projet
GWh	: Giga Watt heure ( $10^9$ Watt heure)
HCEFLD	: Haut Commissariat d'Etat Chargé des Eaux et des Forêts et de la Lutte contre la Desertification
HCP	: Haut Commissariat au Plan
IAV	: Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II
INRA	: Institut National de la Recherche Agronomique
IPCC	: Intergovernmental Panel of Climate Change
IPP	: Independent Power Producer
IRESEN	: Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles
LBC	: Lampes Basse Consommation
LSD	: Logement Social Durable
MAD	: Dirham Marocain
MASEN	: Moroccan Agency for Solar Energy
MDh	: Million de Dirhams
MDP	: Mécanisme de Développement Propre
MEMEE	: Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement
MHUAE	: Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'Espace
MICNT	: Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
MMDh	: Milliard de Dirhams
NAMA	: Nationally Appropriate Mitigation Action
OCP	: Office Chérifien des Phosphates
ONCF	: Office National des Chemins de Fer
ONDA	: Office National Des Aéroports
ONE	: Office National de l'Electricité
ONEP	: Office National de l'Eau Potable
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
ORMVA	: Office Régional de Mise en Valeur Agricole
PANE	: Plan d'Action National pour l'Environnement
PAT	: Plan d'Action Technologique
PNAP	: Plan National d'Actions Prioritaires
PNDM	: Programme National de Gestion des Déchets Ménagers
PNLSD	: Programme National Logement Social Durable
PNUE	: Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PV	: Photovoltaïque
R&D	: Recherche et Développement

## Abréviations et Acronymes

### **Maroc**

SEEE	: Secrétariat d'Etat Chargé de l'Eau et de l'Environnement
SIE	: Société d'Investissements Energétiques
SNPE	: Stratégie Nationale de Protection de l'Environnement
TEP	: Tonne Equivalent Pétrole
TWh	: Tétra Watt heure ( $10^{12}$ Watt heure)
TNA	: Technology Assessment Needs
ZLMF	: Zone Logistique Multi-Flux

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Structure organisationnelle du projet EBT au Maroc .....	9
Figure 2 : Répartition sectorielle des sources d'émission des GES au Maroc .....	16
Figure 3 : Evolution de la consommation spécifique d'énergie primaire au Maroc .....	18
Figure 4 : Evolution de la structure de la capacité électrique installée au Maroc .....	19
Figure 5 : Gisements éolien et solaire au Maroc .....	21
Figure 6 : Résultat de la hiérarchisation des technologies d'atténuation .....	31
Figure 7 : Approche d'analyse des contraintes.....	37
Figure 8 : Processus de diffusion des technologies.....	38
Figure 9 : Procédé de valorisation de la Pyrrhotine et bilan énergétique .....	67
Figure 10 : Configuration possible des futurs réseaux intelligents .....	71
Figure 11 : Principe de centrales solaires avec capteurs cylindro-parabolique .....	73
Figure 12 : procédé de séparation et stockage de CO2 par énergie .....	74
Figure 13 : Photo d'un panneau CPV type.....	76
Figure 14: Performance et prix actuels des différentes technologies PV .....	77
Figure 15 : Avantages et inconvénients des deux méthodes de production .....	81
Figure 16 : Part des différentes technologies dans le niveau d'atténuation requis à l'horizon 2050 .....	83
Figure 17 : Carte de localisation des différents projets CCS en cours de réalisation .....	83
Figure 18 : Procédés de captage du CO2 (Source IPCC) .....	84

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition du Comité National du Projet .....	11
Tableau 2 : Réunions organisées par les Groupes de Travail dans le cadre du processus EBT .....	14
Tableau 3 : Principales lois régissant le secteur EnR au Maroc.....	20
Tableau 4 : Capacités des centrales solaires du plan solaire marocain .....	22
Tableau 5 : Le programme éolien marocain en bref.....	22
Tableau 6 : Portefeuille des technologies d'atténuation identifiées .....	26
Tableau 7: Résultat de la hiérarchisation primaire des technologies d'atténuation identifiées .....	28
Tableau 8 : Critères retenus pour la hiérarchisation des technologies d'atténuation.....	29
Tableau 9: Notation des technologies d'atténuation .....	30
Tableau 10: Classement des technologies d'atténuation .....	32
Tableau 11: Résumé de l'analyse des barrières.....	51
Tableau 12: Brèves présentations des technologies d'atténuation identifiées au stade initial du processus de sélection.....	53

## TABLE DES MATIERES

PREAMBULE .....	ii
PREFACE .....	iii
ABREVIATIONS ET ACRONYMES .....	vi
LISTE DES FIGURES .....	ix
LISTE DES TABLEAUX .....	x
<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>XI</b>
<b>SYNTHESE .....</b>	<b>1</b>
<b>SECTION I .....</b>	<b>7</b>
<b>Rapport d’Evaluation des Besoins Technologiques.....</b>	<b>7</b>
<b>Chapitre 1. Introduction.....</b>	<b>8</b>
<b>Chapitre 2. Arrangement institutionnel du projet EBT-C .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1. Structure organisationnelle du projet EBT-C du Maroc.....</b>	<b>9</b>
2.1.1 Equipe du projet.....	9
2.1.2 Comité de Pilotage du Projet (CPP).....	10
<b>2.2 Processus d’engagement des parties prenantes pour l’EBT .....</b>	<b>10</b>
2.2.1 Comité National du Projet (CNP) .....	10
2.2.2. Groupes de travail du projet (GTP) .....	12
<b>2.3 Justification du choix des secteurs prioritaires et des groupes.....</b>	<b>15</b>
2.3.1 Priorités nationales et documents de référence.....	15
2.3.2 Secteurs prioritaires pour les technologies d’atténuation.....	15
<b>Chapitre 3. Contexte et Priorités d’Action du secteur de l’Energie .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Contexte énergétique local .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Stratégie de développement du secteur de l’énergie .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Cadre Législatif et Réglementaire.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4 Programme de développement des énergies renouvelables .....</b>	<b>21</b>
3.4.1 Introduction .....	21
3.4.2 Plan solaire marocain.....	21
3.4.3 Programme éolien.....	22
<b>3.5 Programme de l’efficacité énergétique .....</b>	<b>23</b>

3.6 Priorités d'action technologique du secteur énergie .....	24
<b>Chapitre 4. Ordre de priorité technologique pour les secteurs retenus .....</b>	<b>25</b>
4.1 Une vue d'ensemble des options technologiques d'atténuation dans les secteurs retenus et leurs avantages d'atténuation .....	25
4.2. Technologies d'atténuation identifiées .....	25
4.3. Hiérarchisation des technologies d'atténuation identifiées.....	27
4.3.1 Approche de la hiérarchisation .....	27
4.3.2. Hiérarchisation primaire .....	27
4.3.3. Hiérarchisation secondaire .....	28
4.3.4 Résultats de hiérarchisation des technologies.....	29
<b>Chapitre 5. Conclusion.....</b>	<b>33</b>
<b>SECTION II.....</b>	<b>34</b>
<b>Plan d'Actions Technologiques .....</b>	<b>34</b>
<b>Chapitre 6. Technologies d'atténuation du secteur de l'Energie.....</b>	<b>35</b>
6.1 Technologies retenues .....	35
6.2 Approche de l'analyse des contraintes au déploiement des technologies d'atténuation.....	35
6.3 Analyse des barrières des technologies retenues.....	39
6.3.1 Introduction.....	39
6.3.2 Analyse des barrières générales des technologies retenues .....	40
6.3.3 Analyse des barrières spécifiques à chacune des technologies retenues .....	41
6.3.4 Analyse globale des barrières .....	51
<b>Chapitre 7. Actions technologiques.....</b>	<b>52</b>
7.1 Introduction .....	52
7.2 Projets technologiques présélectionnés .....	52
7.3 Projets technologiques retenus.....	60
<b>Références.....</b>	<b>61</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>63</b>
Annexe I. Fiches des Technologies Présélectionnées.....	64
Annexe II. Liste des parties prenantes concernées avec leurs contacts .....	85

## SYNTHESE

Il est désormais bien établi que les émissions des Gaz à Effet de Serre (GES) provenant des activités anthropiques sont à l'origine du réchauffement climatique qui affecte l'écosystème planétaire et provoque des variations extrêmes du climat. Les risques du changement climatique représentent ainsi un des plus importants défis de l'aire postindustrielle au développement de l'humanité, voire même à l'avenir de la planète.

Conscient de ces risques, le Maroc s'est engagé très tôt à limiter/réduire les émissions des GES et assurer une mutation des politiques du pays vers des stratégies de développement sobre en émissions carbone en appui aux efforts de la communauté internationale visant à limiter le réchauffement climatique à un maximum de 2°C par rapport à l'aire préindustrielle.

Dans ce cadre et en appui à sa stratégie de croissance verte, le Maroc a adhéré à l'initiative d'Evaluation des Besoins en Technologies (EBT) mise en œuvre dans le cadre du Programme stratégique de Poznań sur le transfert des technologies par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) et le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM).

Le processus d'identification et d'évaluation des technologies d'atténuation a été réalisé selon une approche concertée, fondée sur des interviews et des réunions avec des opérateurs/décideurs, ainsi que des travaux de groupes dédiés de représentants des départements ministériels, des établissements publics et privés concernés. Il s'est avéré rapidement, dans les travaux des Groupes des secteurs de l'industrie et du bâtiment durable, que la quasi-totalité des technologies identifiées pour ces deux secteurs portent sur l'efficacité énergétique. Les technologies proposées pour ces deux secteurs devaient en toute logique être discutées et validées par les participants du groupe Energie qui disposent de l'expertise technique requise pour la validation des options technologiques proposées. Ainsi après les premières réunions d'identification des technologies prioritaires, les trois Groupes ont été fusionnés pour l'analyse, la sélection et la hiérarchisation des technologies d'atténuation identifiées.

Les avantages des technologies des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique pour l'atténuation des émissions des GES sont évidents. En effet les combustibles fossiles génèrent des émissions de principalement de CO<sub>2</sub> lors de leur combustion pour la production de l'énergie thermique. Ce type de combustible reste prédominant dans le mix énergétique national. L'utilisation des technologies solaires ou éoliennes, en substitution à celles des technologies associées aux combustibles fossiles, permet ainsi de réduire les émissions associées à la production et à l'utilisation de l'énergie. De même, les technologies d'efficacité énergétique permettent de réaliser des économies d'énergies pour un même service, qualité ou niveau de confort. Bien évidemment la réduction de la consommation de l'énergie permet ainsi de réduire le niveau des émissions du secteur.

L'intérêt d'utilisation des technologies des énergies renouvelables (ER) et de l'efficacité énergétique (EE) est donc indéniable pour l'atténuation des émissions des GES.

Globalement quatorze technologies d'atténuation ont été identifiées comme des technologies offrant un potentiel intéressant de réduction des GES au Maroc, et répondant aux priorités et aux objectifs des stratégies nationales en particulier en matière de développement des énergies renouvelables et d'EE.

<b>EFFICACITE ENERGETIQUE</b>	<b>1</b> Utilisation des technologies d'efficacité énergétique dans le cadre du programme Logement Social (isolation, éclairage efficace et utilisation de l'énergie solaire)
	<b>2</b> Utilisation de la technologie des chaudières améliorées dans les hammams
	<b>3</b> Utilisation de la cogénération pour la valorisation des rejets de la Mine de Hajjar
	<b>4</b> Utilisation des technologies vertes pour le secteur des Transports
<b>PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'ENERGIE</b>	<b>5</b> Smart Grid - Réseaux électriques intelligents
	<b>6</b> Utilisation des technologies des énergies décentralisées
<b>ENERGIES RENOUVELABLES</b>	<b>7</b> Diffusion à grande échelle des chauffe eau solaires
	<b>8</b> Production et utilisation des sels fondus comme fluide caloporteur dans les centrales solaires thermodynamiques
	<b>9</b> Utilisation d'une tour solaire pour le captage et stockage géologique du carbone
	<b>10</b> Utilisation du Photovoltaïque concentré pour les centrales solaires
	<b>11</b> Appui à la mise en œuvre du programme national éolien
	<b>12</b> Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l'électricité
<b>ALGOCARBURANTS</b>	<b>13</b> Technologies de captage et de valorisation biologique du carbone- Algocarburants
<b>STOCKAGE CARBONE</b>	<b>14</b> Captage et stockage géologique du carbone

La hiérarchisation des technologies d'atténuation identifiées en vue de la sélection de celles devant être retenues pour le Plan d'Actions Technologiques (PAT) du Maroc, a été réalisée au sein du Groupe Energie en étroite concertation avec les parties prenantes consultées dans le cadre du processus EBT.

Ainsi, l'approche utilisée pour la hiérarchisation des technologies d'atténuation identifiées prend en compte les conditions spécifiques du contexte national en particulier le travail déjà engagé dans le cadre de l'élaboration des stratégies nationales et le choix des options de développement des secteurs ciblés. La hiérarchisation des technologies identifiées a été ainsi réalisée après discussion avec les membres des Groupes, sur la base des cinq critères suivants : i) Priorité nationale ; ii) Portage institutionnel ; iii) Capacité de réduction des émissions des GES ; iv) Contraintes de mise en œuvre, et v) Additionalité (difficulté de financement sans PAT).

Après concertation avec les parties prenantes, les porteurs des projets et les responsables du MEMEE sur les chances d’aboutissement et de réalisation des technologies présélectionnées après leur hiérarchisation, il a été décidé de retenir pour le PAT quatre technologies d’atténuation jugées hautement prioritaires et réalisables à court ou moyen termes. Il s’agit des quatre technologies suivantes :

<b>EFFICACITE ENERGETIQUE</b>	① Utilisation des technologies d’efficacité énergétique dans le cadre du programme Logement Social (isolation, éclairage efficace et utilisation de l’énergie solaire)
<b>ENERGIES RENOUVELABLES</b>	② Production et utilisation des sels fondus comme fluide caloporteur dans les centrales solaires thermodynamiques
	③ Utilisation du Photovoltaïque concentré pour les centrales solaires
	④ Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l’électricité

Le choix de ces technologies est amplement justifié par la priorité nationale du programme de logement social et du programme solaire. Pour ce dernier, la stratégie nationale en matière de développement des énergies renouvelables préconise l’intégration industrielle de la filière solaire et le développement d’un ambitieux programme de recherche de développement en matière de technologies solaires. Les paragraphes suivants résument les technologies d’atténuation retenues.

**1. Utilisation des technologies d’efficacité énergétique dans le cadre du programme Logement Social (isolation, éclairage efficace et utilisation de l’énergie solaire)**

Dans le cadre du Programme National de Construction de 300 000 logements sociaux à l’horizon 2020, au profit d’un million et demi de bénéficiaires, un programme de 100 000 logements efficaces en énergie a été retenu pour être proposé dans le cadre du Plan d’Actions Technologiques.

Le secteur du bâtiment est responsable pour près de 36% de la consommation énergétique nationale dont 29% pour le résidentiel et 7% pour le tertiaire. Pour améliorer la performance énergétique du secteur et permettre son développement durable, le MEMEE a élaboré en étroite collaboration avec l’ensemble des acteurs concernés, un nouveau code fixant les normes techniques pour les bâtiments au Maroc.

Il s’agit, en accord avec les services concernés du Ministère de l’Habitat, de l’Urbanisme et de l’Aménagement de l’Espace (MUHAE) d’introduire dans le CPS l’obligation d’équiper ces logements en chauffe-eau solaires, lampes basse consommation, et améliorer leur isolation thermique. L’efficacité énergétique qui en découlera se traduira par une économie d’énergie non négligeable. Elle contribuera à la réduction des émissions de GES, à la réduction des charges pour l’habitant et l’amélioration du confort thermique du logement.

Le surcoût induit par les équipements a été estimé à près de 20 000 dirhams par logement. L'éligibilité de ce projet au Fond Vert mis en place par les institutions de la CCNUCC pourrait financer près de 50% du surcoût du programme proposé.

## **2. Production et utilisation des sels fondus comme fluide caloporteur dans les centrales solaires thermodynamiques**

Dans le cadre du Programme Solaire National, le Maroc compte développer, à l'horizon 2020, plusieurs centrales solaires reliées au réseau électrique national, dont la capacité installée globale sera de 2 000 MW.

Parmi les contraintes majeures, auxquelles devra faire face ce projet ambitieux, le stockage de l'énergie produite constitue un facteur clé de l'amélioration du rendement des centrales, et par voie de conséquence l'amélioration du coût de l'énergie produite.

La technologie utilisant les sels fondus comme fluide caloporteur et de stockage de l'énergie produite par la centrale solaire, apparaît au jour d'aujourd'hui comme la meilleure. Elle permet l'augmentation de la durée de fonctionnement des turbines et un meilleur contrôle de l'intermittence des énergies renouvelables.

L'Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles (IRESEN) se propose, avec des partenaires internationaux et nationaux, de réaliser une installation pilote de production locale des sels fondus, pour tester et mettre au point la technologie de leur production et de leur utilisation dans les centrales CSP du Programme National Solaire.

Les mesures d'accompagnement appropriées telles que le renforcement de capacité et les études technico économiques de faisabilité seront mises en œuvre pour bien cerner les coûts et les risques techniques du projet et en assurer ainsi son succès.

## **3. Photovoltaïque concentré dans les Centrales Solaires**

Souhaitant mettre à profit son excellent gisement solaire, le Maroc compte développer, à l'horizon 2020, 2000 MW en centrales solaires reliées au réseau électrique national. La technologie du photovoltaïque de puissance est une technologie mure et disponible sur le marché. En intercalant un dispositif concentrateur entre le soleil et la cellule photovoltaïque, le photovoltaïque concentré (CPV), offre des rendements meilleurs pouvant atteindre 26% et plus. Cependant cette technologie est encore au stade expérimental.

L'Institut de Recherche en Energie Solaire et en Energies Nouvelles (IRESEN) se propose de réaliser une installation pilote pour tester et mettre au point la technologie du CPV pour les centrales solaires du programme national. Son coût pour une capacité de 5 MW serait de l'ordre de 20 millions d'euros.

Le Maroc s'engage dans un programme de recherche et développement qui associera l'IRESEN, MASEN, l'Université Al Akhawayne, une entreprise française (SOLTEC) et un Centre de recherches allemand. L'intégration industrielle, créatrice de richesse et d'emplois, bénéficiera des résultats de ces travaux pour assurer la production des équipements requis pour les centrales CPV.

Les mesures d'accompagnement appropriées telles que le renforcement de capacité et les études technico économiques de faisabilité sont également prévues dans le cadre de la réalisation du projet pour bien cerner ses coûts et ses risques techniques et en assurer le succès de ses objectifs.

#### **4. Technologie hydrolienne pour la génération d'électricité**

A côté des gisements solaire et éolienne, le Maroc dispose de plus de 3 500 km de côtes avec des zones très favorables à la production de l'énergie hydrolienne (courants marins stables et prévisibles). Ces courants offrent de très bonnes opportunités d'innover et d'améliorer les performances des modèles actuelles de 20% à 30%. Le développement d'une filière hydrolienne viendra compléter et diversifier le mix énergétique renouvelable du Royaume.

Le principe des hydroliennes consiste à placer des hélices ou des turbines dans l'axe des courants d'eau sous-marins afin de capter leur énergie. La force des courants actionne des pales reliées à des rotors dont l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique acheminée ensuite par des câbles sous-marins.

Les sites côtiers et les courants fluviaux, facilitant la fixation des hydroliennes sur le fond marin et fluviaux et minimisant la distance à la côte, donc le coût du transport de l'énergie vers le continent, sont les plus favorables à l'installation d'hydroliennes dans un premier temps.

Le développement de l'hydrolienne repose sur les avantages et les caractéristiques suivants :

- L'eau est 800 fois plus dense que l'air ce qui permet de réduire la taille des turbines ;
- Les courants marins sont moins puissants que les vents mais réguliers et prévisibles ;
- Un impact environnemental limité ;
- Pas de nuisance sonore et visuelle.

L'exploitation des ressources énergétiques renouvelables disponibles dans les cours d'eau (marines et de rivières) est une filière intéressante. Aujourd'hui, cette filière est développée en Europe, en Asie et aux Etats Unis depuis plusieurs années.

Le projet proposé consiste à accompagner le programme national de développement des énergies renouvelables par l'amorce d'une nouvelle filière d'énergie hydrolienne au Maroc.

**Maroc**

Il s'agirait dans un premier temps, d'installer des équipements de mesure et de prospection, afin de caractériser le potentiel. La mise en œuvre d'un projet de démonstration d'une hydrolienne sera réalisée pour acquérir les capacités nécessaires à la maîtrise et la valorisation de cette technologie.

Le projet retenu, porté par l'ADEREE et l'ONEE, comporte deux phases :

- la première servira à caractériser le potentiel d'énergie hydrolienne des sites retenus.
- La deuxième phase a pour objectif de mettre en œuvre une installation pilote pour tester et mettre au point la technologie d'une hydrolienne.

# **Section I**

## **Rapport d'Evaluation des Besoins Technologiques**

## Chapitre 1. Introduction

Le projet d’Evaluation des Besoins en Technologies (EBT) est réalisé dans le cadre du Programme stratégique de Poznań sur le transfert des technologies. Il vise à appuyer une quarantaine de pays à mener des évaluations de leurs besoins technologiques dans le cadre de la CCNUCC.

Le Programme des Nations Unies pour l’Environnement (PNUE) et le Fonds pour l’Environnement Mondial (FEM) viennent d’initier dans le cadre de la CCNUCC, un nouveau cycle d’Evaluation des Besoins en Technologies (EBT). Cette initiative a pour objectif d’aider les pays en développement à identifier et à analyser leurs besoins technologiques prioritaires en vue d’établir un Plan d’Action Technologique facilitant le transfert des technologies vertes et l’accès au savoir-faire dans la mise en œuvre de l’article 4.5 de la CCNUCC.

Les Evaluations des Besoins Technologiques sont essentielles aux Parties à la Convention pour le transfert et le développement des technologies adaptées au contexte local des pays. Elles permettent d’évaluer les besoins technologiques (en constante évolution) de nouveaux équipements, techniques, connaissances pratiques et compétences indispensables pour atténuer les émissions des gaz à effet de serre et/ou réduire la vulnérabilité de secteurs et de moyens de subsistance face aux effets néfastes des changements climatiques.

La mission d’Evaluation des Besoins du Maroc en Technologies Climat (EBT-C) a pour objet l’identification des technologies prioritaires d’atténuation des émissions des GES et d’adaptation aux effets de la variabilité et du réchauffement climatiques. Elle vise l’élaboration à travers un large processus participatif des acteurs clés concernés (parties prenantes), d’un Plan d’Action Technologique en matière de Climat (PAT-C), permettant l’adoption et la diffusion des technologies susceptibles de contribuer à la réalisation des objectifs d’atténuation et d’adaptation du Maroc.

Ce document est organisé en deux principales sections :

- la synthèse des résultats obtenus dans les précédentes missions du projet:
  - ✓ Mission I : Portefeuille des Technologies d’Atténuation;
  - ✓ Mission II : Hiérarchisation des Technologies d’Atténuation ;
  - ✓ Mission III : Analyse des barrières au développement et à la diffusion des technologies identifiées.
  
- Le Plan d’Action Technologique (PAT) d’Atténuation.

La présente section de ce rapport du Plan d’Actions Technologiques décrit le processus EBT pour le volet d’Atténuation des émissions des GES et présente le portefeuille des technologies d’atténuation identifiées.

## Chapitre 2. Arrangement institutionnel du projet EBT-C

### 2.1. Structure organisationnelle du projet EBT-C du Maroc

L’organisation du projet EBT au Maroc est fondée sur plusieurs structures : l’Equipe EBT, le Comité national EBT, le Comité de Pilotage du projet et les Groupes de Travail sectoriels (cf. Fig. 1).

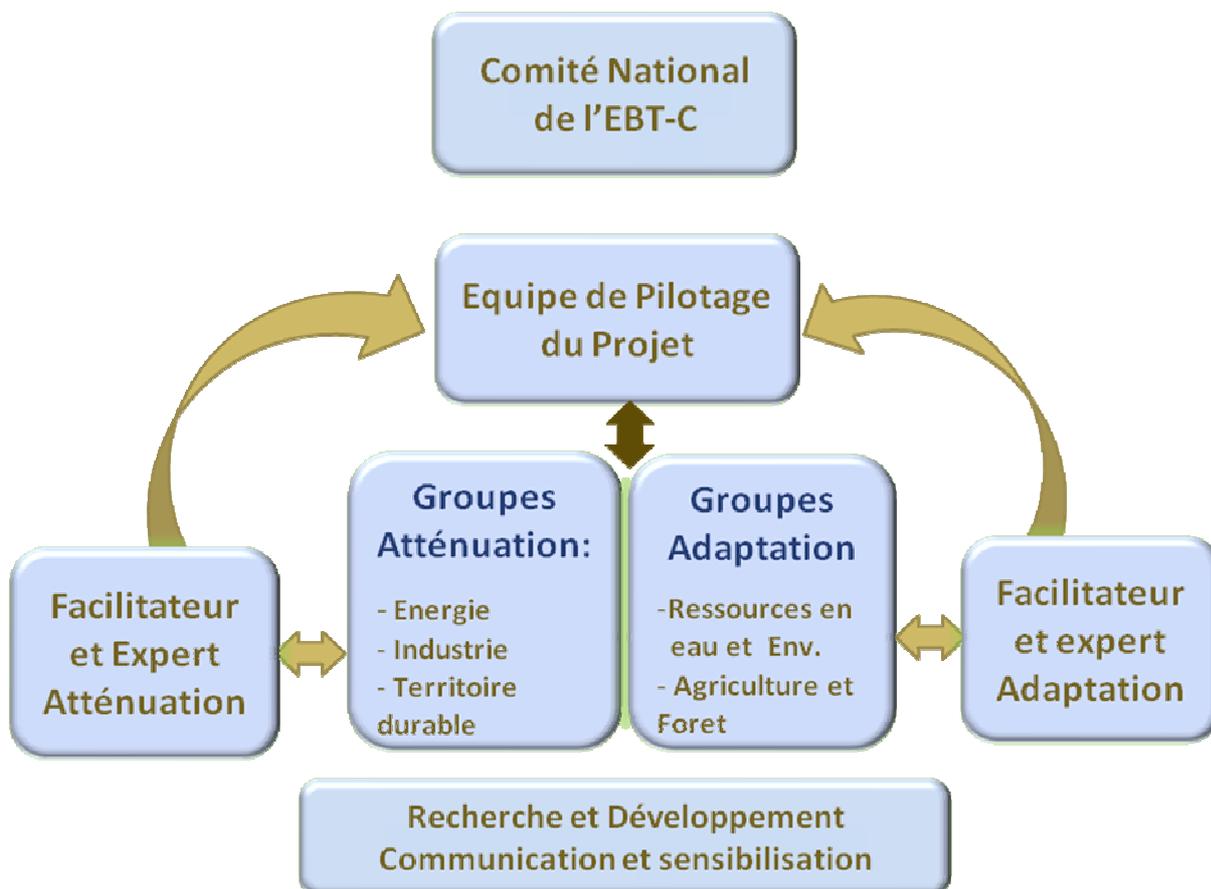


Figure 1 : Structure organisationnelle du projet EBT au Maroc

La Division de l’Industrie, de la Technologie et de l’Economie (DTIE) du PNUE, le Centre Risø du PNUE (au Danemark) et le Centre Régional de l’ONG ENDA basé à Dakar (Sénégal) assurent la supervision et la facilitation globales du projet EBT.

#### 2.1.1 Equipe du projet

L’équipe du projet est constituée par :

- un coordonnateur (du projet) : Mme. Maya Aherdan<sup>1</sup>, Directeur de l’Observation et de la Programmation, Département de l’Energie, Ministère de l’Energie et des Mines, de l’Eau et de l’Environnement ;
- un facilitateur : Dr. M’hamed Sedrati ;
- un consultant national en atténuation : Dr. Abdelmourhit Lahbabi
- un consultant national en adaptation : Pr. Mohamed Sinan

<sup>1</sup> La coordination a été assurée en concertation avec la Direction des Etudes, de la Planification et de la Prospective, Département de l’Environnement, MEMEE

## Maroc

Cette équipe a la responsabilité de la gestion, du suivi et de la réalisation du projet depuis son démarrage, jusqu’à l’élaboration du PAT et du rapport de synthèse.

### 2.1.2 Comité de Pilotage du Projet (CPP)

C’est le comité qui est chargé d’accompagner le coordonnateur national du projet pour le suivi permanent du projet et pour orienter le travail de l’équipe du projet. Il est constitué par :

- le coordonnateur du projet,
- Le directeur des Etudes, de la Planification et de la Prospective, Département de l’Environnement

Ce comité se réunit à chaque fois que le besoin se fait sentir et intervient pour résoudre des problèmes ou des difficultés pouvant surgir lors des différentes phases de réalisation du projet.

Le CPP est appuyé par deux experts nationaux, spécialisés respectivement en atténuation et en adaptation, et par un facilitateur.

A cours du processus EBT d’identification et de hiérarchisation des technologies d’atténuation et d’adaptation, quatre réunions du CPP ont été organisées.

## 2.2 Processus d’engagement des parties prenantes pour l’EBT

### 2.2.1 Comité National du Projet (CNP)

C’est l’organe de décision de tous les aspects du projet. Il est constitué par les représentants des départements ministériels et des institutions concernées (parties prenantes) par les technologies en rapport avec l’atténuation des gaz à effet de serre et l’adaptation aux effets des changements climatiques.

Il comprend vingt six membres (voir tableau 1 ci-après) représentant l’ensemble des secteurs d’activités en rapport avec le changement climatique (volets atténuation et adaptation).

Tableau 1 : Composition du Comité National du Projet

<b>Départements Ministériels (12):</b>	
✓	Energie et Mines
✓	Environnement et Eau
✓	Agriculture;
✓	Equipement et Transport
✓	Industrie
✓	Finance
✓	Intérieur (DGCL)
✓	Santé
✓	Habitat, Urbanisme et Aménagement du Territoire
✓	Pêche
✓	Tourisme
✓	Enseignement Supérieur, Formation des cadres et Recherche Scientifique
<b>Etablissements publics (10)</b>	
✓	DMN
✓	ONE
✓	HCEFLD
✓	HCP
✓	ADEREE
✓	MASEN
✓	SIE
✓	ONEP
✓	OCP
✓	FEC
<b>Secteur Privé (2)</b>	
✓	CGEM
✓	GPBM
<b>Recherche (2)</b>	
✓	CNRST
✓	INRA

Le CNP a tenu sa réunion de démarrage le 15 Décembre 2010. La réunion a été présidée par M. le Secrétaire Général du Département de l’Energie et des Mines au sein du MEMEE. Cette première réunion a été consacrée à informer les représentants des départements concernés sur le projet EBT, la présentation par les experts de la note méthodologique et sa discussion par les membres du CNP.

Cette session du CNP a permis également de valider les propositions des experts sur les secteurs prioritaires, la liste et la composition des Groupes d’identification des technologies. Ainsi après les présentations des experts et débats, les décisions et accords suivants ont été adoptés par la première session du CNP :

- ✓ Un accord du Comité National sur les secteurs retenus qui feront l’objet d’évaluation des besoins en technologies. Cinq secteurs ont été ainsi retenus : Energie, Industrie, Eau, Agriculture et Territoire durable. Ces secteurs correspondent aux domaines prioritaires définis par le Maroc pour accompagner son développement économique et social et ont fait l’objet de stratégies nationales ;

**Maroc**

Par ailleurs, le CNP a recommandé de consacrer deux Groupes complémentaires aux thèmes transversaux suivants :

- i) Recherche et Développement en matière des technologies d’atténuation et d’adaptation ;
  - ii) Education, sensibilisation et communication sur le PAT et les Changements Climatiques (CC);
- ✓ un accord sur la composition des groupes sectoriels qui vont débattre et sélectionner les technologies prioritaires pour leur secteur ;
  - ✓ la nomination des points focaux qui prendront en charge l’organisation et la coordination des travaux des Groupes;
  - ✓ l’adoption du planning de travail proposé.

Une deuxième réunion du CNP a été organisée le 10 novembre 2011 sous la présidence de M. le Secrétaire Général du Département de l’Energie et des Mines. Elle avait pour objectifs :

- ✓ la présentation des résultats des groupes de travail, notamment la liste provisoire des technologies d’atténuation et d’adaptation retenues ;
- ✓ les principales barrières s’opposant à la diffusion des technologies retenues ;
- ✓ les mesures d’incitation pour le dépassement des barrières identifiées ;
- ✓ les cadres propices à la mise en œuvre des technologies retenues.

### **2.2.2. Groupes de travail du projet (GTP)**

L’identification des technologies recommandées pour les secteurs prioritaires ainsi que les mesures d’accompagnement nécessaires à la réussite du projet EBT-C, ont nécessité la mise en place des Groupes de Travail (GT) suivants :

- Energie ;
- Industrie ;
- Eau ;
- Agriculture ;
- Territoire Durable ;
- Recherche & Développement ;
- Communication & Sensibilisation.

Ces GTs sont constitués par des cadres représentant les parties prenantes en charge des secteurs prioritaires et appartenant aux secteurs public, semi-public et privé et parfois aussi des ONGs, des Fédérations Professionnelles, etc.

Le GT sur la recherche & développement est constitué par des professeurs et chercheurs appartenant aux institutions universitaires et écoles d’ingénieurs nationales.

Le nombre de participants a varié, selon le GT et selon la réunion, entre 4 à 5 personnes et une dizaine.

Chaque GT a été dirigé par un coordonnateur, choisi par consensus par les membres le constituant. Pour chaque réunion, le coordonnateur est chargé d’arrêter la date, l’ordre du jour, dirige les travaux, établit le compte-rendu en collaboration avec le facilitateur du projet EBT-C. Chaque coordonnateur constitue l’intermédiaire entre son GT et l’équipe du projet EBT-C.

**Maroc**

Le processus de concertation avec les parties prenantes s’est déroulé dans la période comprise entre janvier et avril 2011. Ce sont plus d’une soixantaine de réunions de travail au total qui ont été organisées (cf. tableau 2). Ces réunions ont porté principalement sur :

- l’analyse des besoins et l’identification de technologies en adéquation avec les priorités nationales sectorielles ;
- le portage institutionnel des technologies ;
- les partenariats requis ;
- les contraintes de mise en œuvre ;
- les financements nécessaires ;
- les mesures d’accompagnement requises pour assurer le succès de la mise en œuvre et le déploiement des technologies identifiées.

Les consultants nationaux (en atténuation et en adaptation) ont accompagné et encadré l’intégralité du processus de concertation depuis la première réunion de chaque GT jusqu’à la finalisation des listes des technologies retenues.

Tableau 2 : Réunions organisées par les Groupes de Travail dans le cadre du processus EBT

Secteur	Organismes	Nombre de réunions tenues
Comité National EBT	Comité interministériel avec la participation d’une vingtaine de départements	2
Points Focaux	Points focaux des Groupes de travail	3
Bailleurs de Fonds	Banque Mondiale	1
Energie	Mme La Ministre	1
	M. le Secrétaire Général	3
	Mme le Directeur DOP	16
	Groupe Energie: MEMEE-ADEREE-ONE-MASEN-CNRST-AMISOLE-MHUAE-Faculté des Sciences de Tétouan	9
Environnement	MM les Directeurs DEPP et DPCC	5
Industrie	SIE	1
	Groupe Industrie: MICNT-Fédérations	1
	CGEM	2
	APC	2
	Managem	2
Eau	ONEP	3
	SEEE	2
Agriculture	Groupe : MHUAE-ADEREE-Faculté des Sciences de Tétouan	2
	Groupe : INRA-IAV-ADA	4
Territoire Durable	Directeur Promotion Immobilière MHUAE	2
R&D	Groupe : Représentants d’une dizaine de Facultés	7
<b>Total des réunions</b>		<b>68</b>

## 2.3 Justification du choix des secteurs prioritaires et des groupes

### 2.3.1 Priorités nationales et documents de référence

Le choix des secteurs prioritaires est réalisé en tenant compte des stratégies et des programmes prioritaires adoptés par le Gouvernement pour un développement socio-économique durable du Maroc. En particulier les documents de référence suivants ont été pris en compte dans le choix des secteurs prioritaires :

- ✓ Première et deuxième Communications Nationales du Royaume au CCNUCC ;
- ✓ Plan National de lutte contre les changements climatiques ;
- ✓ Nouvelle Stratégie Energétique Nationale ;
- ✓ Stratégie Nationale de Protection de l'Environnement (SNPE);
- ✓ Plan d'Action National pour l'Environnement (PANE);
- ✓ Plan Maroc Vert (PMV) ;
- ✓ Charte Nationale de l'Environnement ;
- ✓ Stratégie Nationale de l'Eau et des Plans d'Action à Court, Moyen et Long Termes pour le Développement du Secteur de l'Eau du Maroc ;
- ✓ Documents du Débat National sur l'Eau ;
- ✓ Programme National des Déchets Ménagers et Assimilés;
- ✓ Rapport 50 ans de Développement Humain au Maroc.

La revue bibliographique pour l'identification des secteurs et des technologies prioritaires d'atténuation et d'adaptation aux CC a été complétée par l'analyse des documents et des outils de référence du projet à savoir :

- ✓ Guide pour l'évaluation des besoins technologiques pour le changement climatique (PNUD, 2010) ;
- ✓ Bonnes pratiques pour l'évaluation des besoins technologiques (rapport de l'atelier de la CCNUCC, 2007) ;
- ✓ Technologies for Climate Change Adaptation-Coastal Erosion and Flooding – UNEP 2010.
- ✓ Base de Données des Technologies d'atténuation des gaz à effet de serre, ClimateTechWiki<sup>2</sup> ;
- ✓ Logiciel d'analyse financière des technologies (présenté à l'atelier de Dakar, 21-23 septembre, 2010) ;
- ✓ Logiciel d'analyse multicritères (présenté à l'atelier de Dakar, 21-23 septembre, 2010) ;
- ✓ Guide d'orientation du processus : surmonter les obstacles au transfert et à la diffusion des technologies respectueuses du climat (Décembre 2010)

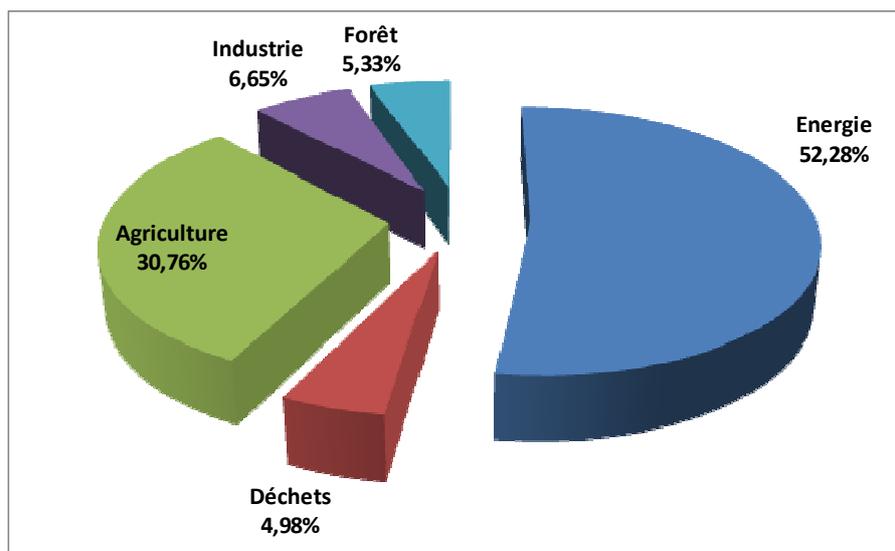
### 2.3.2 Secteurs prioritaires pour les technologies d'atténuation

Selon les résultats du dernier inventaire (2004), les émissions des GES au Maroc sont évaluées à 75 millions de tonnes. Compte tenu de la dominance d'utilisation des énergies fossiles, le secteur de l'énergie représente plus de 50% des émissions totales des GES au Maroc. La figure 2 ci-dessous présente la répartition sectorielle de ces émissions au Maroc.

---

<sup>2</sup> <http://climatetechwiki.org/>

## Maroc



**Figure 2 : Répartition sectorielle des sources d’émission des GES au Maroc**  
(Source : Inventaire des GES au Maroc-ADS Maroc - 2004)

Par ailleurs, il y a lieu de préciser que le Maroc s’est doté d’une ambitieuse stratégie énergétique nationale visant le développement à grande échelle, des énergies renouvelables et des programmes d’efficacité énergétique<sup>3</sup>. Les objectifs à moyen et long termes assignés à cette stratégie sont de réduire la consommation d’énergie de 12% à l’horizon 2020 et 15% en 2030 et d’amener la capacité installée des énergies renouvelables à 42% (14% solaire, 14% éolienne et 14% hydraulique) de la capacité électrique totale à l’horizon 2020.

Tenant compte des objectifs annoncés, le parc des centrales de production électrique au Maroc devrait connaître une mutation profonde vers des sources renouvelables propres. Ainsi, ces dernières devraient atteindre à l’horizon 2020, une capacité totale installée de 6100 MW toute source renouvelable confondue (voir présentation détaillée du secteur dans le chapitre suivant).

Cette mutation profonde du secteur de l’énergie vers des sources renouvelables moins intenses en émissions carbone, devra être accompagnée d’une mutation des pratiques et des technologies de génération, de transport et de d’utilisation de l’énergie.

Ainsi, il est proposé de retenir le secteur de l’énergie comme secteur prioritaire d’EBT d’atténuation des émissions des GES.

Le secteur de l’industrie est globalement responsable du tiers de la consommation énergétique primaire du Maroc. Il recèle également un potentiel intéressant de transfert de technologies d’utilisation rationnelle de l’énergie et de mutation à des combustibles moins intenses en émissions de GES.

Avec une part de 22% dans la consommation énergétique, le secteur des transports présente également un bon potentiel d’atténuation des GES et à ce titre, il est également considéré comme un secteur prioritaire pour les technologies d’atténuation.

Quant au secteur de l’agriculture, foresterie et utilisation des terres, en dépit de son importante contribution aux émissions des GES au Maroc, les possibilités de déploiement des technologies d’atténuation restent limitées. Il offre cependant, un très bon potentiel pour les technologies d’adaptation en particulier pour l’économie de l’eau et pour l’exploitation des ressources en eau alternatives. Dans ces conditions, il a été décidé de retenir le secteur d’agriculture comme secteur prioritaire pour les technologies d’adaptation et d’évaluer éventuellement les technologies d’atténuation pour le secteur dans le cadre du groupe de travail dédié à ce secteur.

Concernant le secteur des déchets, il y a lieu de préciser qu’avec la promulgation de la loi N°28-00 sur les déchets en 2006 et la mise en œuvre du Programme National de Gestion des Déchets Ménagers (PNDM) en 2007, le Maroc s’est engagé dans une ambitieuse réforme de mise à niveau et de professionnalisation de la gestion des déchets ménagers au Maroc.

<sup>3</sup> La Nouvelle Stratégie Énergétique Nationale, MEMEE, mise à jour Septembre 2010

**Maroc**

Dans ce cadre, un programme national est mis en œuvre par le FEC en collaboration avec la Banque Mondiale pour le captage et la valorisation du biogaz des décharges contrôlées au Maroc. Ce programme contribuera à la réduction des émissions des GES du secteur et bénéficiera ainsi des crédits carbone dans le cadre du Mécanisme de Développement Propre (MDP). Les projets MDP développés dans les décharges peuvent bénéficier de transfert de technologies de gestion et de valorisation de biogaz.

Compte tenu de sa faible contribution aux émissions des GES et du fait que le PNDM a déjà fait l’objet d’un montage MDP dans le cadre d’un PoA, le secteur des déchets n’a pas été jugé prioritaire pour l’EBT d’atténuation des émissions des GES.

Ainsi, trois secteurs prioritaires ont été retenus pour l’évaluation des besoins en technologies d’atténuation. Il s’agit des secteurs de l’énergie, de l’industrie et du territoire durable.

## Chapitre 3. Contexte et Priorités d’Action du secteur de l’Energie

### 3.1 Contexte énergétique local

En 2011, la demande en énergie primaire au Maroc a été de 16,9 millions de TEP, soit une consommation unitaire par habitant de l’ordre de 0,56 TEP/an. Elle reste faible non seulement par rapport à la moyenne mondiale (1,9 TEP/habitant en 2010), mais également par rapport à la consommation moyenne du continent africain (0,67 TEP/habitant en 2008). Ce faible niveau de consommation énergétique s’explique en partie, par le recours massif dans le milieu rural aux énergies traditionnelles : le bois de feu et le charbon de bois. Ainsi, le bois combustible représenterait près de 30% du bilan énergétique national.

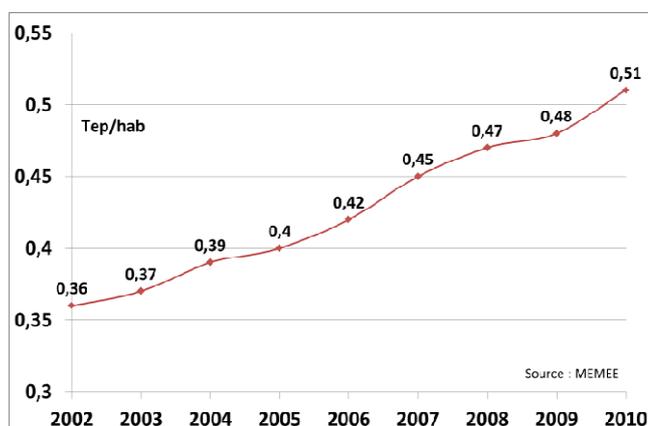


Figure 3 : Evolution de la consommation spécifique d’énergie primaire au Maroc

Source : MEMEE

Toutefois, la demande d’énergie primaire a connu durant les dernières années une croissance soutenue estimée en moyenne à 4,5% par an.

Le bilan énergétique au Maroc est caractérisé par la prédominance des produits pétroliers qui représentent actuellement 62% de la consommation nationale. L’électricité est sans doute l’élément moteur du secteur énergétique au Maroc. Ainsi, la demande électrique connaît une croissance soutenue moyenne de 6% (1994-2007) contre une moyenne annuelle de 4% pour l’énergie primaire. La demande en énergie électrique a atteint 28,76 TWh enregistrant un taux de croissance annuel moyen depuis 2007 de 8,8%.

Au fait, la génération de l’électricité qui a façonné le mix énergétique national durant la dernière décennie (poussée du charbon au détriment du fioul) devra continuer à susciter et orienter les grandes mutations du secteur: i) croissance soutenue de la demande énergétique primaire ii) renforcement de la part du gaz naturel dans le mix au détriment du fuel iii) développement des énergies renouvelables de puissance : centrales éoliennes et solaires et vi) renforcement du développement socio-économique et mise à niveau du monde rural.

Avec un taux de dépendance énergétique de l’ordre de 95,6%<sup>4</sup>, le Maroc importe la quasi-totalité de ses besoins en énergie. Pour cela, il reste très vulnérable à l’augmentation des prix internationaux de l’énergie. En effet, la facture énergétique a été multipliée par cinq depuis le début des années 2000 pour atteindre 90 milliards de MAD en 2011, sous l’effet conjugué de l’augmentation des prix du pétrole et de la forte croissance soutenue enregistrée durant la dernière décennie. Parallèlement, la subvention des produits pétroliers qui a atteint des niveaux record de quelques 23 milliards de Dirhams constitue un lourd fardeau sur les finances publiques.

<sup>4</sup> Moyenne 2000-2010. Le taux de dépendance énergétique du Maroc varie entre 95% et 97% selon la pluviométrie annuelle qui conditionne la contribution de l’hydraulique au bilan énergétique national.

Maroc

### 3.2 Stratégie de développement du secteur de l’énergie

Pour faire face à cette situation, le Maroc s’est doté d’une ambitieuse stratégie nationale visant la sécurisation de l’approvisionnement du pays en énergie électrique, par le développement à grande échelle des énergies renouvelables et de l’efficacité énergétique.

Les objectifs à moyen et long termes assignés à cette stratégie sont présentés ci-dessous :

- ✓ Réduire la consommation d’énergie dans les bâtiments, l’industrie et le transport de 12% à l’horizon 2020 et 15% en 2030. La répartition des économies escomptées par secteur est de 48% pour l’industrie, 23% pour le transport, 19% pour le résidentiel et 10% pour le tertiaire.
- ✓ Amener la capacité installée des énergies renouvelables à 42% (14% solaire, 14% éolienne et 14 % hydraulique) de la capacité électrique totale à l’horizon 2020.

Tenant compte des objectifs annoncés, le parc des centrales de production électrique au Maroc devrait connaître une mutation profonde vers des sources renouvelables propres. Ainsi, ces dernières devraient atteindre à l’horizon 2020, une capacité totale installée de 6100 MW toute source renouvelable confondue.

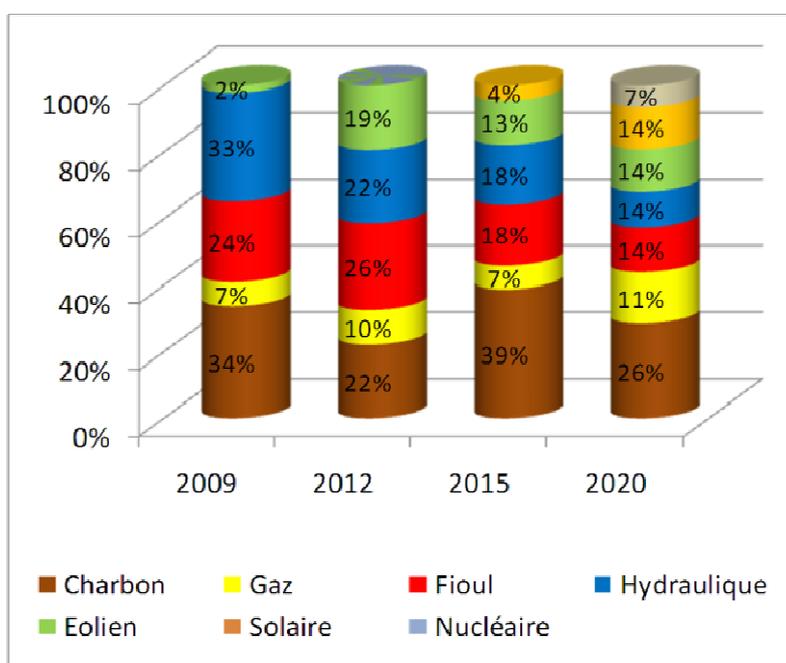


Figure 4 : Evolution de la structure de la capacité électrique installée au Maroc

Source : MEMEE

Pour atteindre cet objectif, une importante réforme du cadre législatif et réglementaire a été engagée et un programme ambitieux de développement intégré des énergies renouvelables a été mis en œuvre.

C’est dans ce cadre que s’inscrit le Plan Solaire Marocain qui vise la mise en place en 2020 d’une capacité de production électrique à partir de l’énergie solaire de 2000 MW, et le Programme Marocain de Développement d’Energie Eolienne. Ce dernier prévoit la construction dans le cadre de partenariats public/privé ou de projets privés, de nouveaux parcs éoliens qui porteront la puissance électrique installée d’origine éolienne à 2000 MW en 2020.

En réalisant ces projets, le Royaume du Maroc réduira ses importations d’énergie en économisant annuellement 2,5 millions de tonnes équivalent pétrole en combustible fossile, évitant ainsi l’émission de près de 7 millions de tonnes de dioxyde de carbone par an.

### 3.3 Cadre Législatif et Réglementaire

Dans le cadre de la mise en œuvre de la nouvelle stratégie énergétique du Maroc, quatre nouvelles lois ont été adoptées récemment pour renforcer le dispositif législatif et réglementaire du secteur et assurer sa mutation progressive vers l’utilisation massive de ressources propres et renouvelables. Il s’agit des quatre lois présentées dans le tableau ci-après.

**Tableau 3 : Principales lois régissant le secteur EnR au Maroc**

Lois et décrets	Date	Description/Objectif
Amendement du texte de loi de création de l’ONE	10 novembre 2008	Relever le seuil d’autoproduction de 10 à 50 MW, afin d’encourager les entreprises à développer leur propre production en faisant appel aux énergies locales et tout particulièrement les sources renouvelables
Loi n°16-09	18 mars 2010	Loi relative à la création de l’Agence Nationale pour le Développement des Energies Renouvelables et de l’Efficacité Energétique (ADEREE)
Loi n° 13-09	11 février 2010	Loi relative aux énergies renouvelables – Libéralisation de la production de l’électricité à partir des ER. Possibilité d’exporter l’électricité verte
Loi n°57-09	11 février 2010	Loi relative à la création de la société Moroccan Agency for Solar Energy (MASEN)

Ce nouveau dispositif législatif et réglementaire mis en place est appelé à lever progressivement nombre de barrières et obstacles qui limitent le développement à grande échelle des énergies renouvelables au Maroc. En effet l’instauration de ce nouveau cadre a pour objectifs principalement :

- ✓ La promotion de la production d’énergie à partir de sources renouvelables, de sa commercialisation et de son exportation par des entités publiques ou privées ;
- ✓ L’assujettissement des installations de production d’énergie à partir de sources renouvelables à un régime d’autorisation ou de déclaration ;
- ✓ Le droit, pour un exploitant, de produire de l’électricité à partir de sources d’énergies renouvelables pour le compte d’un consommateur ou un groupement de consommateurs raccordés au réseau électrique national de Moyenne Tension (MT), Haute Tension (HT) et Très Haute Tension (THT), dans le cadre d’une convention par laquelle ceux-ci s’engagent à enlever et à consommer l’électricité ainsi produite exclusivement pour leur usage propre.

La loi 13-09 relative aux énergies renouvelables a été adoptée et publiée au bulletin officiel le 18 Mars 2010<sup>5</sup>. Cette loi constitue une pièce maitresse du dispositif d’accompagnement et de concrétisation des objectifs de la Stratégie Energétique Nationale Horizon 2030. La loi 13-09 qui a pour objet le développement à grande échelle des énergies renouvelables introduit quatre innovations majeures i) l’ouverture à la concurrence de la génération d’électricité d’origine renouvelable; ii) l’accès au transport de l’électricité d’origine renouvelable via le réseau électrique national ; iii) possibilité d’exporter de l’électricité via le réseau national et iv) possibilité pour un promoteur de construire sa propre ligne de transport direct. Les promoteurs privés titulaires d’une autorisation peuvent ainsi investir dans la génération de l’électricité d’origine renouvelable sans limite de capacité et avoir l’accès au transport via le réseau ou construire leur propre ligne de transport direct. Ils peuvent produire l’électricité pour leurs propres besoins, la commercialiser au Maroc ou l’exporter. A ce niveau il y a lieu de préciser que pour la production de l’énergie thermique, les installations dont la puissance installée est supérieure ou égale à 8 mégawatts thermique sont soumises au régime de déclaration, et celles dont la puissance installée est inférieure à 8 MW sont exploités librement.

<sup>5</sup> B.O N°5822 du 1er rabii II 1431 (18 mars 2010) page 58. [www.sgg.gov.ma](http://www.sgg.gov.ma)

### 3.4 Programme de développement des énergies renouvelables

#### 3.4.1 Introduction

Le Maroc est dotée d’importantes ressources énergétiques renouvelables éoliennes et solaires qui peuvent être mises à contribution, d’une part pour réduire l’impact du secteur sur les émissions des GES, et d’autre part pour assurer au Royaume une autonomie plus importante en matière d’approvisionnement énergétique (voir figure 5 ci-après). Le développement à grande échelle de ces ressources nationales renouvelables permettra de réduire d’une manière substantielle, le fardeau de la facture énergétique et ses retombées négatives sur la balance des paiements et les finances publics.

C’est ainsi que la stratégie énergétique nationale a pour objectif principale d’amener la contribution des énergies renouvelables à 42% de la capacité nationale de génération de l’électricité à l’horizon 2020. Cette stratégie est articulée sur deux programmes ambitieux de développement des énergies solaires et éoliennes.



Figure 5 : Gisements éolien et solaire au Maroc  
Source : MEMEE

#### 3.4.2 Plan solaire marocain

Le Programme Solaire Marocain vise l’installation d’une capacité de 2000 MW d’énergie solaire essentiellement du CSP à l’horizon 2020. Son coût total est estimé à 9 milliards US \$. Ce Programme produira environ 4500 GWh par an à partir de 2020, et évitera environ 3,2 M tCO<sub>2</sub> par an.

Le Programme Solaire Marocain se veut un programme intégré dans le sens où il œuvre également au développement d’une filière industrielle solaire nationale. L’objectif étant de maximiser les externalités socio-économiques positives, à travers l’intégration locale de la plus grande partie de la chaîne de valeurs, à la fois au niveau de la fabrication des équipements, des travaux d’installation et enfin l’exploitation.

Pour mettre en œuvre ce programme, l’Etat Marocain a créé en mars 2010 une société dédiée dénommée MASEN. MASEN est dotée d’un capital initial de 500 MDH détenu à parts égales par l’Etat, le Fonds Hassan II et l’ONE.

**Maroc**

Dans le cadre de l’opérationnalisation du Programme, cinq sites ont été déjà identifiés, comme suit:

**Tableau 4 : Capacités des centrales solaires du plan solaire marocain**

Sites	Capacité en MW
Ain Beni Mathar	400
Ouarzazate	500
Sebkha Tah	500
Foum El Oued	500
Boujdour	100
<b>Total</b>	<b>2 000</b>

La première centrale qui sera mise en œuvre est celle de Ouarzazate. Un appel d’offre est en cours pour la sélection d’un opérateur qui assurera, la conception, le financement, la construction et l’exploitation de la centrale. La centrale d’Ouarzazate devrait rentrer en production à partir de 2015.

### 3.4.3 Programme éolien

Le Programme Eolien Marocain vise l’installation de 2000 MW à l’horizon 2020. Il constitue un pilier fondamental de la stratégie de diversification du mix électrique marocain par le développement des énergies renouvelables. Le Maroc recèle d’importantes ressources éoliennes dans la mesure où les vitesses moyennes annuelles du vent varient de 6 m/s à 11 m/s dans plusieurs sites, en particulier sur les côtes méditerranéennes et atlantiques (voir ci-dessus la carte du gisement éolien au Maroc).

Le potentiel global éolien du Royaume est ainsi estimé à près de 25 000 MW, avec une bonne répartition sur l’ensemble du territoire qui permet, d’une part l’alimentation des régions reculées non connectées au réseau, et d’autre part la fourniture d’un bon « crédit de capacité » du fait de la grande diversité des régimes de vent.

**Tableau 5 : Le Programme Eolien Marocain en bref**

<b>Capacité installée</b>	<b>2 000 MW</b>
Réalisé	<b>280 MW</b>
Engagé	<b>720 MW</b>
Programme intégré en IPP	<b>1 000 MW</b>
Production à l’horizon 2020	6 660 GWh/an
Coût total estimé	3,5 milliards \$
Réduction des émissions	4,5 millions t/an
Economie énergie fossile	1,5 millions TEP/an

La réalisation du Programme Eolien Marocain est planifiée en deux tranches :

- ✓ Tranche 1 : 1000 MW déjà réalisés ou engagés
- ✓ Tranche 2 : 1000 MW dans le cadre du programme éolien intégré piloté par l’ONE

La tranche 1 du programme comprend les sept projets de Koudia Bida (50 MW), Essaouira (60 MW), Tanger (140 MW), Lafarge (32 MW), Nareva (300 MW), UPC (120 MW) et Tarfaya (300 MW).

## Maroc

La deuxième tranche du programme consiste au développement intégré de 1000 MW dans le cadre de partenariats public-privé selon le modèle d’IPP avec un tour de table intégrant l’ONE, la SIE, le Fonds Hassan II et un concessionnaire privé choisi par voie d’appel d’offres. La contribution du concessionnaire devrait se situer autour de 70% dans le capital en plus de la partie dette octroyée pour le financement du projet.

Le programme éolien intégré de la deuxième tranche concernera le développement, le financement, la construction, l’exploitation et la maintenance par des opérateurs privés de cinq parcs éoliens réalisés en deux phases :i) parc éolien de 150 MW à Taza et ii) quatre parcs d’une puissance totale de 850 MW : Tanger 2, Koudia Bida 2, Tisgrad (près de Laayoune) et Boujdour.

Mis à part le projet de TAZA déjà attribué, l’ONE a lancé un appel d’offres en un lot unique comprenant les quatre autres projets (850 MW) pour favoriser l’intégration industrielle.

Dans l’optique de préparer les conditions d’une meilleure intégration de la production éolienne par le réseau, l’ONE a déjà engagé un certain nombre de mesures d’accompagnement, telles que :

- ✓ La Construction d’une STEP capacité de 750 MW de station de pompage / Turbinage (STEP Abdelmoumen 350 MW et STEP Ihafssa 400 MW);
- ✓ La construction d’une ligne haute tension d’environ 650 km entre Agadir et Laayoune
- ✓ Le renouvellement de son système de dispatching
- ✓ L’exigence aux développeurs éoliens d’adopter des systèmes de prévision de production éolienne à court terme afin de faciliter la planification du fonctionnement du parc de production par l’ONE.

### 3.5 Programme de l’efficacité énergétique

Par efficacité énergétique on entend l’ensemble des techniques, technologies et pratiques qui permettent d’utiliser moins d’énergie pour assurer la même qualité et niveau de service et de confort.

L’efficacité énergétique est considérée désormais comme un des moyens les plus effectifs d’utilisation rationnelle de l’énergie et de réduction des émissions des Gaz à Effet de Serre (GES) et d’autres polluants. En absence de ressources énergétiques fossiles, l’efficacité énergétique peut être considérée d’une certaine manière, comme une des ressources énergétiques importantes du pays. Conscients des avantages et des bénéfices certains de l’efficacité énergétique, les pouvoirs publics ont fixé dans le cadre de la nouvelle stratégie énergétique du Royaume, un objectif de réduction de la demande en énergie primaire de 12% à l’horizon 2020 et de 15% à l’horizon 2030. La répartition des économies escomptées par secteur est de 48% pour l’industrie, 23% pour le transport, 19% pour le résidentiel et 10% pour le tertiaire. Ainsi, l’efficacité énergétique est une composante fondamentale de la nouvelle stratégie énergétique du Maroc et plusieurs mesures d’accompagnement ont été mises en œuvre pour assurer le cadre favorable à la réalisation des objectifs ambitieux de l’EE au Maroc :

- ✓ L’adoption de la loi n°16-09 relative à l’Agence nationale pour le développement des énergies renouvelables et de l’efficacité énergétique. Cette nouvelle loi permet à l’Agence de concevoir et réaliser des programmes de développement sectoriel d’énergies renouvelables et d’efficacité énergétique et de mobiliser les ressources financières d’appui aux projets de développement des énergies renouvelables et la promotion de l’efficacité énergétique au Maroc ;
- ✓ La création d’un Fonds de Développement Energétique doté d’une enveloppe de 1 milliard de Dh pour le soutien aux programmes de développement des énergies renouvelables et de promotion de l’EE ;
- ✓ La création de la Société d’Investissement Energétique (SIE) pour la prise de participation dans des projets de partenariat public/privé en vue de développement des investissements privés dans les projets des Energies Renouvelables et de l’EE ;
- ✓ Introduction de la performance énergétique: Code Energétique Bâtiment, étiquetage équipements énergétiques ;
- ✓ Mise en œuvre d’un Programme National pour la mise en œuvre d’un Code d’EE dans le Bâtiment (CEEb)
- ✓ Mise en œuvre d’un Programme National EE dans l’Industrie et le Transport
- ✓ Instauration de l’étude d’impact énergétique obligatoire pour les grands projets d’aménagement ;

**Maroc**

- ✓ L’instauration de l’audit énergétique obligatoire à partir d’un seuil de consommation ;
- ✓ Le contrôle technique, la constatation des infractions et l’application de sanctions.

### **3.6 Priorités d’action technologique du secteur énergie**

Le secteur de l’énergie au Maroc est dominé par l’utilisation massive des énergies fossiles. Celle-ci qui représente une part de plus de 95% dans le mix énergétique national, se traduit par la contribution du secteur de production et d’utilisation de l’énergie à plus de 52% des émissions nationales des GES. Le taux de croissance soutenu de la demande énergétique entraîne, selon le scénario *Business as Usual*, une contribution de plus en plus importante du secteur aux émissions des GES. Ainsi le secteur de l’énergie constitue par excellence le moteur de croissance des émissions des GES au Maroc.

Pour la génération de l’électricité, les centrales et les technologies utilisées sont principalement des centrales à charbon, à fuel et dans une moindre mesure à gaz. Ces centrales contribuent d’une manière significative aux émissions des GES du Maroc. Dans ces conditions, les besoins en technologies d’atténuation des émissions des GES devraient, sans aucun doute, cibler en priorité les technologies de génération de l’électricité sobres en émissions carbone. Ceci est conforté par les priorités de la stratégie nationale du développement du secteur, fondées sur le développement massif des technologies de génération de l’électricité à partir de ressources renouvelables et l’utilisation à grande échelle des technologies et des techniques d’EE dans le secteur de l’industrie, des bâtiments et des transports.

Il y a lieu également de préciser que les technologies prioritaires d’atténuation des GES retenues dans le cadre du processus participatif de concertation avec les parties prenantes pour les deux autres secteurs prioritaires portent sur l’utilisation optimale de l’énergie par des technologies d’efficacité énergétique.

## Chapitre 4. Ordre de priorité technologique pour les secteurs retenus

### 4.1 Une vue d’ensemble des options technologiques d’atténuation dans les secteurs retenus et leurs avantages d’atténuation

Le processus de sélection des technologies prioritaires d’atténuation a été réalisé pour les trois secteurs ciblés à savoir l’énergie, l’industrie et le bâtiment durable. Ce processus a été réalisé selon l’approche d’interviews/réunions avec des opérateurs/décideurs, et des travaux de groupes dédiés de représentants des départements ministériels et établissements publics et privés concernés (voir paragraphe 2.2). Il s’est avéré rapidement dans les travaux des Groupes des secteurs de l’industrie et du bâtiment durable que la quasi-totalité des technologies identifiées pour ces deux secteurs portent sur l’efficacité énergétique. Les technologies proposées pour ces deux secteurs devaient en toute logique être discutées et validées par les participants du groupe Energie qui disposent de l’expertise technique requise pour la validation des options technologiques proposées. Ainsi après les premières réunions d’identification des technologies prioritaires, les trois Groupes ont été fusionnés pour l’analyse, la sélection et la hiérarchisation des technologies d’atténuation identifiées.

Les avantages des technologies des énergies renouvelables et de l’efficacité énergétique, pour l’atténuation des émissions des GES, sont évidents. En effet les combustibles fossiles génèrent essentiellement des émissions de CO<sub>2</sub> lors de leur combustion pour la production de l’énergie thermique. Ce type de combustible reste prédominant dans le mix énergétique national. L’utilisation des technologies solaires ou éoliennes en substitution à celle des technologies associées aux combustibles fossiles permet ainsi de réduire les émissions associées à la production et à l’utilisation de l’énergie. De même, les technologies d’efficacité énergétique permettent de réaliser des économies d’énergies pour un même service, qualité ou niveau de confort. Bien évidemment la réduction de la consommation de l’énergie permet ainsi de réduire le niveau des émissions du secteur. L’intérêt d’utilisation des technologies des énergies renouvelables et de l’efficacité énergétique est donc indéniable pour l’atténuation des émissions des GES.

### 4.2. Technologies d’atténuation identifiées

Globalement 14 technologies d’atténuation ont été identifiées comme des technologies offrant un potentiel intéressant de réduction des GES au Maroc et répondant aux stratégies, politiques et priorités nationales en matière d’atténuation. Les technologies d’atténuation identifiées dans le cadre du processus participatif EBT sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 6 : Portefeuille des technologies d’atténuation identifiées

EFFICACITE ENERGETIQUE	① Utilisation des technologies d’efficacité énergétique dans le cadre du programme Logement Social (isolation, éclairage efficace et utilisation de l’énergie solaire)
	② Utilisation de la technologie des chaudières améliorées dans les hammams
	③ Utilisation de la cogénération pour la valorisation des rejets de la Mine de Hajjar
	④ Utilisation des technologies vertes pour le secteur des Transports
PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L’ENERGIE	⑤ Smart Grid - Réseaux électriques intelligents
	⑥ Utilisation des technologies des énergies décentralisées
ENERGIES RENOUVELABLES	⑦ Diffusion à grande échelle des chauffe eau solaires
	⑧ Production et utilisation des sels fondus comme fluide caloporteur dans les centrales solaires thermodynamiques
	⑨ Utilisation d’une tour solaire pour le captage et stockage géologique du carbone
	⑩ Utilisation du Photovoltaïque concentré pour les centrales solaires
	⑪ Appui à la mise en œuvre du programme national éolien
	⑫ Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l’électricité
ALGOCARBURANTS	⑬ Technologies de captage et de valorisation biologique du carbone- Algocarburants
STOCKAGE CARBONE	⑭ Captage et stockage géologique du carbone

### **4.3. Hiérarchisation des technologies d’atténuation identifiées**

#### **4.3.1 Approche de la hiérarchisation**

Tenant compte du travail déjà réalisé dans le cadre de l’élaboration des stratégies sectorielles et des recommandations des Groupes de travail, en particulier ceux des secteurs de l’Energie et de l’Industrie, il a été décidé de réaliser une hiérarchisation avec deux groupes de critères : un groupe de critères principaux dits primaires et un deuxième groupe de critères secondaires. Cette approche a été nécessaire pour répondre aux souhaits exprimés par les parties prenantes du processus EBT de ne considérer que les technologies d’appui aux stratégies et aux priorités nationales.

La hiérarchisation selon les critères primaires a pour objet d’éliminer les projets qui ne répondent pas aux priorités nationales, ou qui n’ont pas un portage institutionnel, ou qui font double emploi avec des initiatives, des programmes ou projets en cours de réalisation.

Ainsi, l’approche utilisée pour la hiérarchisation des technologies d’atténuation identifiées prend en compte les conditions spécifiques du contexte national en particulier le travail déjà engagé dans le cadre de l’élaboration des stratégies nationales et le choix des options de développement des secteurs ciblés.

Le deuxième niveau d’hiérarchisation concerne les projets qui ont été retenus après satisfaction des conditions des critères dits primaires. Le choix des critères secondaires d’hiérarchisation a fait l’objet d’une discussion au sein des Groupes concernés par les technologies d’atténuation. La hiérarchisation secondaire a été ainsi réalisée après discussion avec les membres des Groupes, sur la base des cinq critères suivants :

1. Priorité nationale
2. Portage institutionnel
3. Capacité de réduction des émissions des GES
4. Contraintes de mise en œuvre
5. Additionalité (difficulté de financement sans PAT)

#### **4.3.2. Hiérarchisation primaire**

L’analyse de la hiérarchisation primaire a permis d’évaluer la liste des technologies identifiées lors de la première phase du processus EBT par rapport aux critères primaires retenus. Le tableau ci-après résume les résultats de cette analyse.

Tableau 7: Résultat de la hiérarchisation primaire des technologies d’atténuation identifiées

Technologie	Statut/Recommandation par rapport aux critères primaires
① Utilisation des technologies d’efficacité énergétique dans le cadre du programme Logement Social (isolation, éclairage efficace et utilisation de l’énergie solaire)	Retenu
② Utilisation de la technologie des chaudières améliorées dans les hammams	Double emploi avec un programme en cours
③ Utilisation de la cogénération pour la valorisation des rejets de la Mine de Hajjar	Retenu
④ Utilisation des technologies vertes pour le secteur des Transports	Retenu
⑤ Smart Grid - Réseaux électriques intelligents	Retenu
⑥ Utilisation des technologies des énergies décentralisées	Problème de portage institutionnel
⑦ Diffusion à grande échelle des chauffe eau solaires	Double emploi avec un programme en cours d’exécution
⑧ Production et utilisation des sels fondus comme fluide caloporteur dans les centrales solaires thermodynamiques	Retenu
⑨ Utilisation d’une tour solaire pour le captage et stockage géologique du carbone	Retenu avec une réserve sur la complexité des deux technologies
⑩ Utilisation du Photovoltaïque concentré pour les centrales solaires	Retenu avec nécessité de reconfirmation de l’intérêt de MASEN pour le projet
⑪ Appui à la mise en œuvre du programme national éolien	A considérer comme mesure d’accompagnement au PAT
⑫ Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l’électricité	Retenu
⑬ Technologies de captage et de valorisation biologique du carbone-Algocarburants	Retenu
⑭ Captage et stockage géologique du carbone	Retenu

Les fiches des dix technologies d’atténuation ainsi présélectionnées sont présentées en annexe I.

### 4.3.3. Hiérarchisation secondaire

Globalement sur les quatorze technologies identifiées, dix projets ont été retenus après la hiérarchisation primaire selon l’approche présentée ci-dessus.

La liste des projets ainsi retenus pour l’hiérarchisation secondaire est présentée ci-après :

1. Utilisation des technologies d’efficacité énergétique dans le cadre du programme Logement Social (isolation, éclairage efficace et utilisation de l’énergie solaire)
2. Utilisation de la cogénération pour la valorisation des rejets de la Mine de Hajjar
3. Utilisation des technologies vertes pour le secteur des Transports
4. Smart Grid - Réseaux électriques intelligents

**Maroc**

5. Production et utilisation des sels fondus comme fluide caloporteur dans les centrales solaires thermodynamiques
6. Utilisation d’une tour solaire pour le captage et stockage géologique du carbone
7. Utilisation du Photovoltaïque concentré pour les centrales solaires
8. Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l’électricité
9. Technologies de captage et de valorisation biologique du carbone-Algocarburants
10. Captage et stockage géologique du carbone

Plusieurs séances d’hiérarchisation des projets technologiques d’atténuation ont été organisées.

Après discussion avec les Groupes concernés par la majorité des projets retenus, les cinq critères suivants ont été adoptés avec les facteurs de pondération correspondant :

**Tableau 8 : Critères retenus pour la hiérarchisation des technologies d’atténuation**

Critère	Coefficient de pondération	Echelle de notation
Priorité nationale	5	Faible : 1 - Forte 10
Portage institutionnel	5	Faible : 1- Fort 10
Capacité de réduction des émissions des GES	4	Faible : 1 - Forte 10
Contraintes de mise en œuvre	3	Fortes : 1 - Faibles 10
Additionalité (difficulté de financement sans PAT)	3	Fiable : 1 - Forte 10

Il est utile de préciser que normalement l’analyse des contraintes des projets intervient dans une étape ultérieure du processus EBT. Le critère en question a été cependant maintenu à ce stade d’hiérarchisation pour une première appréciation préliminaire des contraintes globales liées à la mise en œuvre des projets. Une analyse plus approfondie des contraintes de mise en œuvre et de déploiement de chacune des technologies retenues fera l’objet du paragraphe suivant.

De même, un autre volet important qui a été discuté en Groupes EBT est celui de la capacité des technologies de réduire les émissions des GES (3<sup>ème</sup> critère secondaire). En effet à ce stade du processus d’identification des technologies il n’est toujours pas possible de connaître avec précision le potentiel de réduction des émissions des GES de chaque technologie. Il a donc été convenu de garder ce critère et de faire l’hiérarchisation sur la base d’une évaluation préliminaire du potentiel de réduction des émissions des GES. Une fois les détails des projets identifiés précisés dans le cadre du portefeuille du PAT, il sera procédé à une évaluation plus précise du potentiel de réduction des GES de chaque technologie retenue.

#### 4.3.4 Résultats de hiérarchisation des technologies

Chacun des dix projets technologiques retenus a été noté par les membres du Groupe et une moyenne des notations proposées a été adoptée. Le tableau suivant résume les notations affectées par les membres du Groupe aux projets, par rapport aux cinq critères retenus :

Tableau 9: Notation des technologies d’atténuation

Critère	Priorités nationale	Portage institutionnel	Potentiel d'atténuation	Contraintes	Additionalité PAT
<b>Poids de Pondération</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Technologies</b>					
<b>1</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>8</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>9</b>
<b>9</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
<b>10</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>10</b>

La hiérarchisation multicritères a été faite par utilisation du logiciel Definite 2.0 (Decisions on a Finite set of alternatives) développé par l’Institute for Environment Studies de l’Université d’Amsterdam.



Le logiciel Definite très convivial permet la hiérarchisation multicritères selon quatre méthodes au choix : i) somme des notations pondérés ; ii) Electre 2 ; iii) méthode Regime et iv) method Ivamix<sup>6</sup>. La hiérarchisation est faite en cinq étapes :

1. Définition du problème et entrée des données ;
2. Analyse multicritères ;
3. Analyse coût/Bénéfice ;
4. Analyse de sensibilité ;
5. Rapport des résultats



Le résumé des résultats d’hiérarchisation multicritères telle que faite par Definite est présenté ci-après :

<sup>6</sup> Ces méthodes qui peuvent être choisies dans le menu du logiciel sont précisées dans le manuel d’aide intégré au programme.

Section I – Rapport d’Evaluation des Besoins Technologiques

Maroc

Alternatives	Total	Programme Logement Social Durable	Cogenera Manager	Transport	Smart Grid	Sels Fondus	Tour solaire	PVC	Pilote Hydrolien	Algo carburants	CSC
Programme Logement Social Durable	0,94	9	7	7	9	8	4	8	7	8	5
Algo carburants	0,88	1,00	0,78	0,78	1,00	0,89	0,44	0,89	0,78	0,89	0,56
Transport	0,84	9	9	8	9	9	7	9	9	9	6
Pilote Hydrolien	0,84	1,00	1,00	0,89	1,00	1,00	0,78	1,00	1,00	1,00	0,67
PVC	0,81	7	6	8	7	7	6	8	7	9	9
Portage institutionnel	0,250	0,78	0,67	0,89	0,78	0,78	0,67	0,89	0,78	1,00	1,00
Capacité d'atténuation	0,200	7	7	6	3	3	1	2	5	5	2
Contraintes	0,150	1,00	1,00	0,86	0,43	0,43	0,14	0,29	0,71	0,71	0,29
Additionalité PAT	0,150	9	4	8	5	8	6	8	9	7	10
		0,90	0,40	0,80	0,50	0,80	0,60	0,80	0,90	0,70	1,00

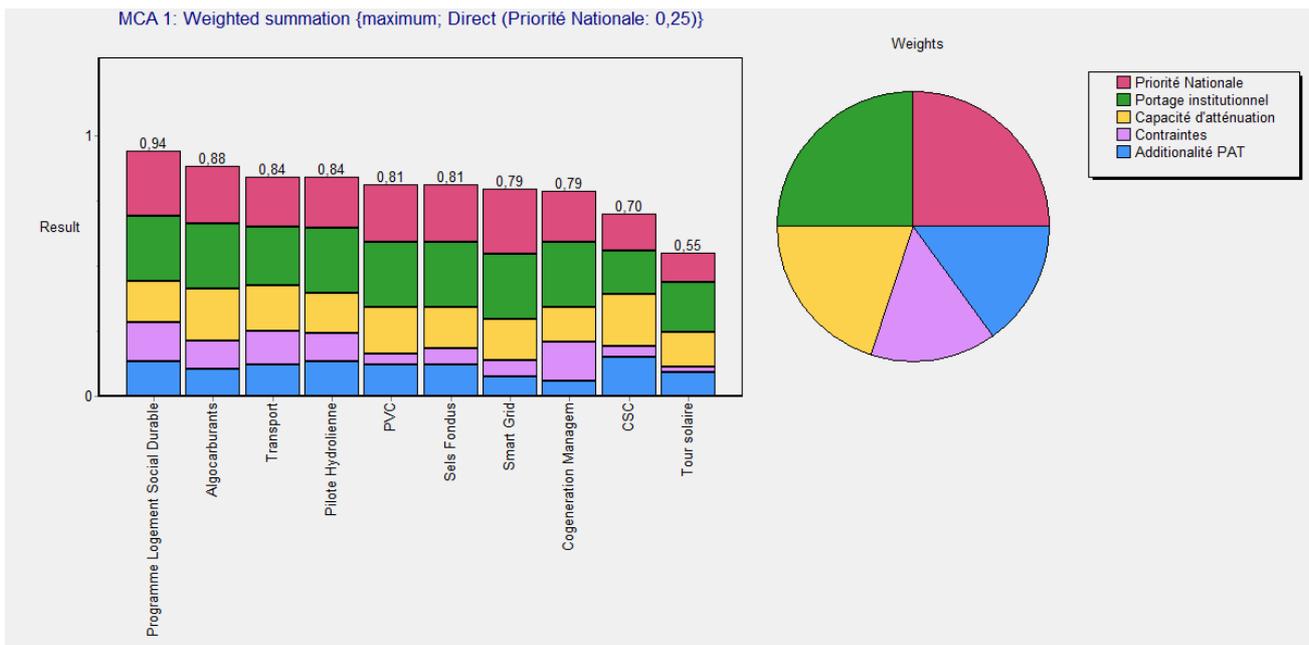


Figure 6 : Résultat de la hiérarchisation des technologies d’atténuation

## Maroc

Ainsi, selon les résultats de la hiérarchisation multicritères, les dix projets peuvent être classés par ordre de priorité en six groupes :

Tableau 10: Classement des technologies d’atténuation

N°	Technologie	Score (sur 1)	Priorité
1	Utilisation des technologies d’efficacité énergétique dans le cadre du programme Logement Social (isolation, éclairage efficace et utilisation de l’énergie solaire)	0,94	Hautement Prioritaire
9	Technologies de captage et de valorisation biologique du carbone Algocarburants	0,88	Très Prioritaire
8	Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l’électricité	0,84	Prioritaire
3	Utilisation des Technologies Vertes pour le secteur des transports	0,84	
7	Utilisation du photovoltaïque concentré pour les centrales solaires	0,81	Moyennement prioritaire
5	Production et utilisation des sels fondus comme fluide caloporteur dans les centrales solaires thermodynamiques	0,81	
4	Smart Grid/Réseaux électriques intelligents	0,79	
2	Utilisation de la cogénération pour la valorisation des rejets de la Mine de Hajjar	0,79	
10	Captage et stockage géologique du Carbone	0,7	Faiblement Prioritaire
6	Utilisation d’une tour solaire pour le captage et stockage géologique du carbone	0,55	Non Prioritaire



## Chapitre 5. Conclusion

Après concertation avec les parties prenantes, les porteurs des projets et les responsables du MEMEE sur les chances d’aboutissement et de réalisation des technologies présélectionnées après leur hiérarchisation, il a été décidé de retenir pour le PAT quatre technologies d’atténuation jugées hautement prioritaires et réalisables à court ou moyen termes<sup>7</sup>. Il s’agit des quatre technologies suivantes :

1. Utilisation des technologies d’efficacité énergétique dans le cadre du Programme National Logement Social Durable
2. Production et utilisation des sels fondus dans les centrales solaires thermodynamiques
3. Utilisation du photovoltaïque concentré pour les centrales solaires
4. Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l’électricité.

Le choix de ces technologies est amplement justifié par la priorité nationale du programme de logement social et du programme solaire. Pour ce dernier, la stratégie nationale en matière de développement des énergies renouvelables préconise l’intégration industrielle de la filière solaire et le développement d’un ambitieux programme de recherche/développement en matière de technologies solaires. A cet effet, un Institut de Recherche en Energie Solaire et en Energies Nouvelles (IRESEN) a été récemment créé. Il a pour mission l’accompagnement stratégique de la politique nationale de développement des technologies solaires et des nouvelles énergies.

---

<sup>7</sup> PV de la réunion du 18/4/2012

# Section II

## Plan d'Actions Technologiques

## Chapitre 6. Technologies d'atténuation du secteur de l'Énergie

### 6.1 Technologies retenues

Compte tenu de la priorité nationale de développement à grande échelle des énergies renouvelables et de l'intégration des concepts de l'efficacité énergétique dans les activités des secteurs clés de l'économie nationale, les technologies d'atténuation des émissions des GES relèvent du secteur de l'énergie. Il est utile de rappeler à ce niveau que l'utilisation de l'énergie concerne l'ensemble des secteurs productifs et de ce fait, elle est responsable de plus de 50% des émissions du Maroc.

Suite à l'exercice d'identification et hiérarchisation des technologies d'atténuation prioritaires, réalisées en étroite collaboration avec les parties prenantes concernées en conformité avec le processus de consultation EBT, quatre technologies jugées hautement prioritaires ont été retenues pour faire partie du PAT :

1. Utilisation des technologies d'efficacité énergétique dans le cadre du Programme National Logement Social Durable
2. Production et utilisation des sels fondus dans les centrales solaires thermodynamiques
3. Utilisation du photovoltaïque concentré pour les centrales solaires
4. Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l'électricité.

Le paragraphe suivant présente l'analyse des contraintes au déploiement des technologies d'atténuation retenues.

### 6.2 Approche de l'analyse des contraintes au déploiement des technologies d'atténuation

Il est utile au préalable de l'analyse des contraintes au déploiement des technologies retenues de rappeler l'approche recommandée par le Guide d'orientation du processus EBT intitulé : *Surmonter les obstacles au transfert et à la diffusion des technologies respectueuses du climat*<sup>8</sup>. Les paragraphes suivants résument les principes des démarches proposées par le manuel pour l'analyse des barrières dans le cadre du processus EBT.

L'analyse des barrières a pour objet d'une part, la détermination des obstacles qui s'opposent à l'acquisition ou au développement et au déploiement des technologies jugées prioritaires, et d'autre part l'identification des actions et des mesures pertinentes pour le dépassement de ces barrières, en vue de la création du cadre propice à leur acquisition/développement, adoption et diffusion à grande échelle.

Selon le manuel de référence cité, l'analyse des barrières devrait être faite selon les quatre étapes importantes suivantes :

- Identifier tous les obstacles potentiels ;
- Examiner la liste exhaustive des obstacles en vue d'éliminer les écueils les moins importants ;
- Hiérarchiser les principaux obstacles en les regroupant par catégorie ;
- Analyser les relations de causalité entre les obstacles.

---

<sup>8</sup> *Surmonter les obstacles au transfert et à la diffusion des technologies respectueuses du climat*, PNUE Riso Centre, 2011.

**Maroc**

Une fois les barrières identifiées et caractérisées, il y a lieu d'entamer la deuxième phase d'identification et de caractérisation des solutions pertinentes permettant de surmonter les barrières identifiées. La définition des solutions est faite selon les trois principales étapes suivantes :

- Définir les mesures visant à surmonter les obstacles en transformant ces derniers en solutions ;
- Evaluer les coûts et les avantages liés aux mesures et aux actions incitatives, afin de déterminer s'ils sont ou pas conformes aux objectifs de la politique en vigueur ; et
- Déterminer les acteurs qui doivent agir et ceux qui doivent payer.

La figure suivante résume la démarche proposée.

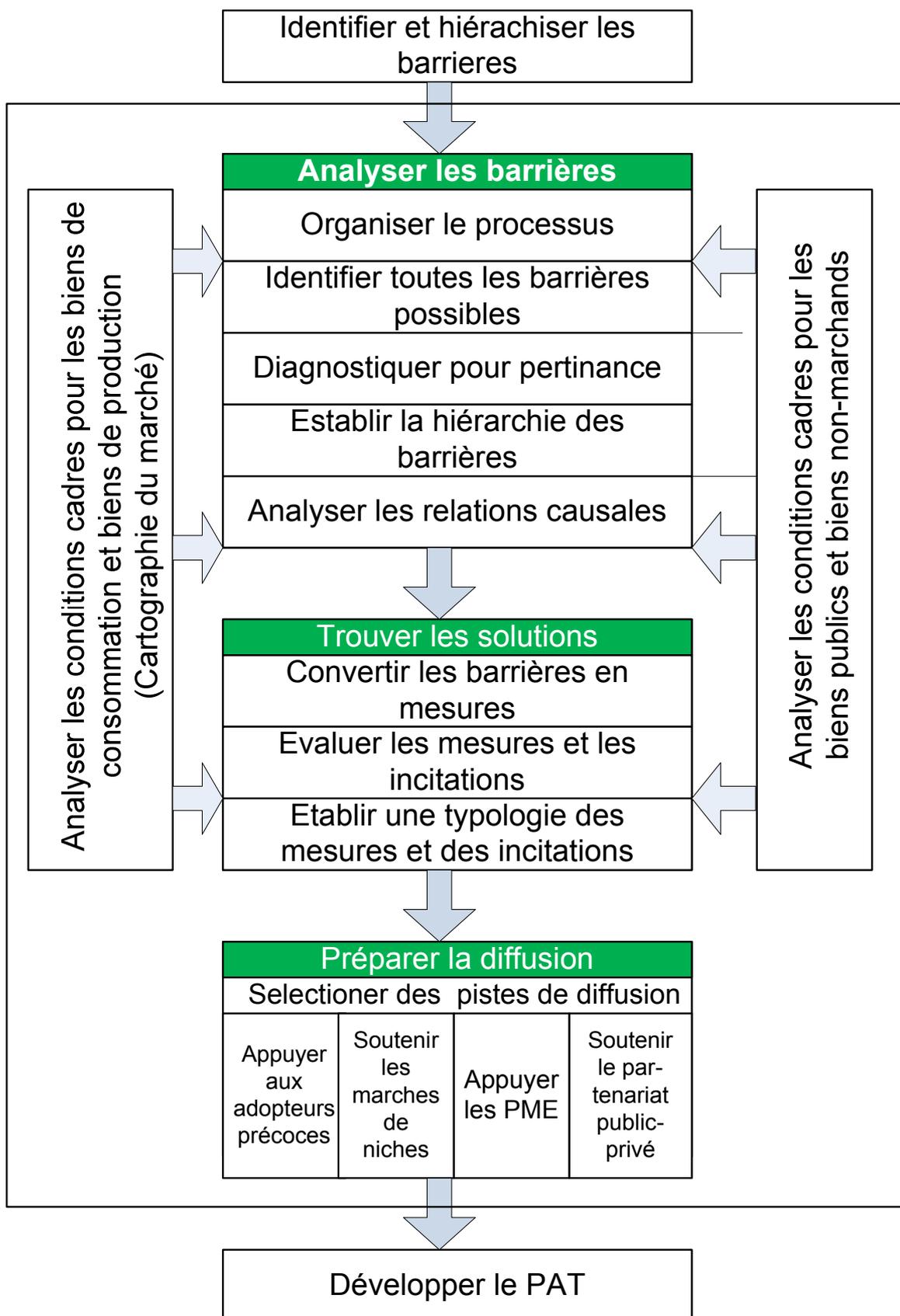


Figure 7 : Approche d’analyse des contraintes

Source : Surmonter les obstacles au transfert et à la diffusion des technologies respectueuses du climat – PNUE RISO 2011.

Maroc

Pour la classification des technologies, le manuel de référence précise que les technologies ne sont pas classées en fonction de leurs caractéristiques et propriétés techniques, mais en tenant compte des contextes dans lesquels elles sont développées ou transférées et utilisées. Telle que définie, la typologie des technologies est intimement liée au cadre économique. Ainsi, pour les besoins d'analyse des barrières, les technologies d'atténuation sont classées selon les quatre catégories suivantes :

- Les biens de consommation ;
- Les biens de production ;
- Les biens publics et
- Les technologies non marchandes.

Un élément important dans la classification des technologies à prendre en compte également dans l'analyse des barrières est l'identification et la caractérisation de l'étape de diffusion de la technologie. En effet, la diffusion de la technologie est souvent faite selon un processus qui se déroule en cinq étapes correspondant aux différents niveaux d'adhésion des consommateurs: (i) les innovateurs (les premiers à adopter) ; (ii) les adhérents de la première heure (réceptifs précoces) ; (iii) la majorité primaire ; (iv) la majorité tardive ; et (v) les trainards (derniers à adhérer). Les étapes du processus de diffusion des technologies sont illustrées dans la figure suivante :

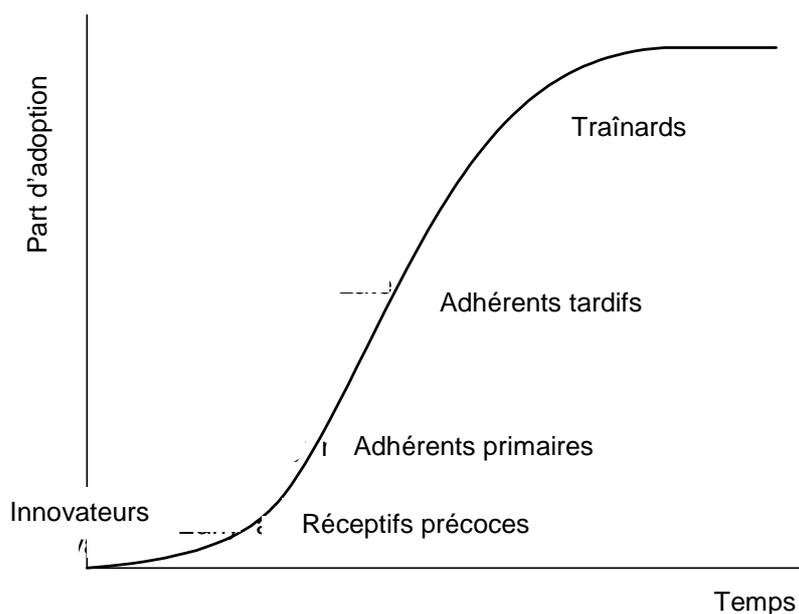


Figure 8 : Processus de diffusion des technologies

Source : Surmonter les obstacles au transfert et à la diffusion des technologies respectueuses du climat – PNUE RISO 2011

## Maroc

Selon le manuel PNUE relatif à la d’analyse des barrières, les principaux obstacles au transfert ou au développement et à la diffusion des technologies peuvent être classés selon les dix catégories principales suivantes :

1. **Obstacles d’ordre économique et financier** : difficultés d’accès au financement, coût élevé du capital, mécanismes financiers non viables, motivations inappropriées ;
2. **Défaillances du marché** : déficit des infrastructures de marché, règles de jeu inéquitables, insuffisance des sources de rendements croissants, contrôle du marché par les bénéficiaires ;
3. **Obstacles d’ordre politique, juridique et réglementaire** : cadre juridique incomplet, contrôle strict du secteur, conflit d’intérêts, instabilité politique, pesanteurs bureaucratiques, situations de rente ;
4. **Défaillances au niveau du réseau** : faible connectivité entre les acteurs, faveurs accordés aux réseaux des opérateurs historiques ;
5. **Capacités institutionnelles et organisationnelles** : déficit d’institutions professionnelles, capacité institutionnelle limitée ;
6. **Ressources humaines** : Insuffisance, voire absence de cadres et techniciens formés aux technologies retenues, qualification insuffisante des Ressources Humaines disponibles sur le marché local, obstacles multiples au développement des formations adéquates ;
7. **Obstacles d’ordre social, culturel et comportementale** : préférences des consommateurs et préjugés sociaux, traditions, dispersions des établissements humains ;
8. **Obstacles liés à l’information et à la sensibilisation** : information inadéquate, défaut de retour de l’information, absence de sensibilisation ;
9. **Obstacles techniques** : concurrence technique inégale, absence de normes et de codes, défaut d’exploitation et de maintenance, faible fiabilité du produit ;
10. **Autres obstacles** : impacts sur l’environnement, déficit d’infrastructures physiques.

De plus il y a lieu dans l’analyse des barrières, de procéder à leur hiérarchisation selon le niveau des obstacles qui devraient être franchis. Dans ce cadre, il est proposé d’adopter un classement des barrières selon les cinq niveaux d’obstacles suivants : (i) tueur ou infranchissable; (ii) crucial ; (iii) important ; (iv) moyen ; et (v) insignifiant.

## 6.3 Analyse des barrières des technologies retenues

### 6.3.1 Introduction

L’approche proposée dans le manuel de référence pour l’analyse des barrières concerne principalement le transfert des technologies des biens de consommation. Il se trouve que sur les quatre technologies retenues pour le PAT trois technologies concernent le développement de technologies au stade expérimental de recherche et d’installations pilotes. Par ailleurs, les technologies d’EE retenues pour le programme de logements sociaux relèvent de biens de consommation marchands. Elles seront dans le cadre de ce programme

## Maroc

liées à un marché particulier encadré et normalisé par l’Etat. Dans ces conditions, la démarche proposée ne peut pas être appliquée telle quelle, et elle devrait être adaptée aux spécificités des technologies prioritaires retenues.

Il est utile également de préciser que normalement l’analyse des contraintes des technologies intervient dans une étape du processus EBT en aval des étapes d’identification et d’hiérarchisation des technologies. Cependant, compte tenu du long processus de mise en place et d’opérationnalisation des groupes de concertation avec les parties prenantes concernées, l’identification et l’analyse des barrières au développement et à la diffusion des technologies d’atténuation ont été réalisées au Maroc, tout le long du processus EBT. Ainsi, les barrières ont été identifiées avec les technologies et ont fait partie intégrante de la sélection et de la hiérarchisation des technologies retenues.

### 6.3.2 Analyse des barrières générales des technologies retenues

Pour le besoin d’analyse des barrières au développement/déploiement des quatre technologies d’atténuation retenues pour le PAT, il y a lieu de distinguer celles qui concernent le Logement Social Durable. En effet ce programme cible des technologies d’EE communes qui sont considérées des technologies marchandes.

Quant aux trois autres technologies il s’agit beaucoup plus de développement de technologies encore au stade expérimental ou au stade pilote que de technologies commerciales.

La principale barrière liée au développement des technologies solaires et hydrolienne est la barrière technique de non aboutissement du projet de recherche et de la mise au point de la technologie. En effet statistiquement moins de 5% d’idées de recherche et développement aboutissent au développement d’une technologie marchande compétitive par rapport aux technologies mûres commercialisées sur le marché.

Cependant, compte tenu des expériences pilotes engagées déjà dans d’autres pays, les technologies ciblées à savoir le sel fondu pour les installations CSP, le PV concentré et les hydroliennes relèvent plutôt des technologies marchandes à un stade pré-commercial. Le pari de l’IRESEN est de pouvoir développer des industries locales adaptées au contexte national, en vue de l’accompagnement de l’intégration industrielle du secteur solaire au Maroc. Il y a lieu de souligner que le plan solaire national se justifie principalement par le développement d’une industrie locale solaire et de nouvelles énergies, et par ses retombées sociales de création d’emplois. Il y a lieu de noter à ce niveau que les appels d’offres pour la construction des centrales solaires exigent la mise en place de plans d’accompagnement de développement industriel local et de renforcement et développement des capacités locales en la matière. Dans ce cadre, l’IRESEN bénéficiera d’accords de partenariats avec des fournisseurs de matériel et de centres de recherche internationaux pour le transfert du savoir faire requis dans le domaine solaire et des énergies nouvelles.

Une fois développées, les technologies retenues doivent faire face à plusieurs contraintes liées à leur nature de technologies expérimentales non encore mûres pour diffusion à grande échelle. Il s’agit principalement des barrières et obstacles suivants :

**Contraintes techniques** : une fois développées les technologies solaires et hydroliennes devront vaincre l’obstacle de la fiabilité et de la performance technique lié à toute nouvelle technologie expérimentale. Ces technologies connaîtront certainement une phase transitoire de développement et ajustement opérationnels avant de pouvoir être mûres pour une diffusion à grande échelle et leur généralisation dans de nouvelles centrales de génération de l’électricité.

**Obstacles d’ordre économique et financier** : Les efforts de recherche et de développement des trois technologies solaires et hydroliennes peuvent s’avérer être importants et poser des problèmes de financement. En effet, l’accès au financement paraît incertain dans le contexte actuel local et international, de déprime financière et de réduction des dépenses publiques. A cet effet, il est recommandé de faire participer des opérateurs privés au développement de ces technologies en vue de réduire l’apport public requis, et de limiter le risque d’accès au financement de développement de la technologie.

## Maroc

**Risques/obstacles du marché** : En principe, les technologies développées sont destinées en premier lieu au marché local de génération de l’électricité. Il y a lieu cependant de souligner qu’en dépit de la croissance importante de la demande électrique<sup>9</sup>, et du besoin croissant de développement des centrales électriques, il n’en demeure pas moins que le marché local reste limité. En effet, les frais de recherche et de développement des technologies solaires et hydroliennes retenues ne se justifient que par le potentiel d’export à moyen et long termes. Ceci bien évidemment suppose la compétitivité des technologies développées par rapport aux technologies existantes en termes de coûts, mais également de fiabilité et de performance.

**Obstacles et contraintes d’ordre juridique et réglementaire** : de part leur nature de nouvelles technologies, les technologies solaires et hydroliennes développées doivent faire l’objet de normes et de règlements supplémentaires spécifiques pour assurer leur utilisation sécuritaire et réglementée. Il y a lieu cependant de préciser que compte tenu de leur intérêt, et de leur rôle pour l’accompagnement de la stratégie nationale énergétique, et du développement de ressources énergétiques locales renouvelables, les technologies solaires et hydroliennes peuvent bénéficier de conditions juridiques et réglementaires favorables, voire d’incitations financières pour faciliter leur déploiement à grande échelle.

**Ressources humaines** : Les capacités techniques et humaines locales sont cruciales pour le développement et l’opérationnalisation des technologies solaires et hydroliennes retenues dans le cadre du PAT. Cette composante est d’autant plus importante que le Maroc a fait le choix stratégique de développement de ces technologies. Certes le transfert de savoir faire sera assuré dans le cadre de partenariats avec des institutions internationales, mais il n’en demeure pas moins que les ressources humaines et les compétences scientifiques locales sont primordiales pour le succès de développement de ces technologies. A ce niveau il y a lieu de souligner que le Département de l’Energie a adopté un ambitieux programme de développement des capacités pour accompagner la stratégie nationale énergétique. Par ailleurs, l’IRESEN compte associer dans le développement de ces technologies les laboratoires de recherches locaux les plus compétents en la matière.

### 6.3.3 Analyse des barrières spécifiques à chacune des technologies retenues

L’analyse des barrières sera faite selon un canevas standard adapté du manuel de référence<sup>10</sup> pour les besoins de cette analyse, pour chacun des quatre technologies retenues :

- Utilisation des technologies d’efficacité énergétique dans le cadre du Programme National Logement Social Durable
- Production et utilisation des sels fondus dans les centrales solaires thermodynamiques
- Utilisation du PV concentré
- Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l’électricité

A noter que les travaux des Groupes ont permis d’identifier souvent plusieurs barrières par technologie. Ces barrières ont été analysées et hiérarchisées pour n’en retenir que les principales qui représentent un niveau d’obstacle significatif pour le développement et le déploiement de la technologie en question.

---

<sup>9</sup> Le secteur de l’électricité croit actuellement à un taux annuel moyen de 7%. La demande électrique au Maroc est appelée à quadrupler à l’horizon 2030.

<sup>10</sup> Surmonter les obstacles au transfert et à la diffusion des technologies respectueuses du climat  
PNUE RISO 2011

Utilisation des technologies d'efficacité énergétique dans le cadre du programme Logement Social	
<b>Présentation résumée</b>	Diffusion des technologies d'efficacité énergétique (matériaux d'isolation thermique, Lampes Basse Consommation LBC et utilisation des Chauffes Eau Solaires CES) pour 100 000 nouveaux logements promus dans le cadre du programme national des logements sociaux.
<b>Type de technologie</b>	Les technologies visées sont des technologies marchandes liées à un marché normalisé encadré par le Ministère de l'Habitat
<b>Stade de développement</b>	Les trois technologies ciblées sont mûres, fiables, faciles d'utilisation et largement utilisées dans différents pays
<b>Marché ciblé</b>	Le marché ciblé est bien confiné et contrôlé par l'Etat.
<b>Barrières identifiées</b>	Le programme proposé pour la diffusion des technologies d'efficacité énergétique dans les logements sociaux sera adossé au programme national mis en œuvre par le Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'Espace (MHUAE). Ce programme vise la réalisation de 300 000 nouveaux logements sociaux à l'horizon 2020 au profit de 1,5 million de bénéficiaires avec un investissement direct de 60 MMDh. Il bénéficiera du cadre opérationnel mis en place par l'Etat et les promoteurs immobiliers chargé de construction et commercialisation des logements sociaux selon un cahier de charges minimales. Les principales barrières identifiées sont d'ordre financier, technique, réglementaire et de communication et sensibilisation des usagers aux bénéfices des logements sociaux durables

Barrière I : Obstacles d'ordre économique et financier	
<b>Nature</b>	Le coût supplémentaire pour l'utilisateur a été estimé à 20 000 Dh/logement soit 8% du prix conventionnel de commercialisation des logements. Compte tenu de la catégorie de logement ciblée, le prix constitue un élément crucial pour le succès du programme. Le surcoût même limité à 8% constitue un obstacle qui peut s'avérer insurmontable pour la commercialisation des logements durables.
<b>Degré</b>	L'obstacle du coût est jugé très important
<b>Relation causale</b>	Le revenu modeste des clients visés et l'absence d'incitations financières spécifiques et appropriées sont les causes de l'importance de l'obstacle du coût d'acquisition élevé à surmonter
<b>Mesures proposées</b>	Subvention de 50% du surcoût (soit 10 000 Dh par logement) et intégration des 50% restant dans le prêt subventionné mis en place pour faciliter l'accès au logement social
<b>Cadre propice</b>	Mise en place d'un cadre adéquat d'incitations financières pour le logement social durable. Comme mesure d'accompagnement, il y a lieu de prévoir un programme de renforcement des capacités en matière d'utilisation des technologies d'EE et des EnR dans les bâtiments.
<b>Coût des mesures proposées</b>	1 milliard de Dh
<b>Acteurs de mise en œuvre</b>	50% de la subvention à la charge des promoteurs, 25% à la charge de l'Etat et 25% par la coopération internationale et les mécanismes finance carbone comme le MDP ou les NAMAs.
<b>Chance de succès</b>	Moyenne

Barrière II: Obstacles normatifs et réglementaires	
<b>Nature</b>	Les aspects normatifs et réglementaires sont très importants pour la réussite du projet de diffusion des technologies d'EE dans les nouveaux bâtiments et en particulier pour le programme du logement social. Le non respect des règlements et des normes des installations peut se répercuter sur la performance énergétique des installations et donc sur les chances de succès de mise en œuvre du projet.
<b>Degré</b>	Les obstacles normatifs et réglementaires est jugé moyen
<b>Relation causale</b>	Les principales causes à l'origine de cet obstacle est l'absence de normes précises en matières d'isolation thermique, le manque d'information sur les normes existantes (Chauffes eau solaires), l'insuffisance des capacités des techniciens employés dans les chantiers de construction ainsi que l'insuffisance des contrôles de la part des autorités compétentes.
<b>Mesures proposées</b>	Elaboration du cahier des charges du LSD et instauration des procédures de contrôle de la qualité de construction et des installations
<b>Cadre propice</b>	Les normes et les règlements relatifs à la mise place des technologies d'EE retenues doivent être bien spécifiés dans le cahier des charges du Logement Sociale Durable. Des contrôles doivent être effectués pour s'assurer de la conformité des constructions et installations au cahier des charges.
<b>Coût des mesures proposées</b>	Intégré aux coûts de préparation et de gestion du projet
<b>Acteurs de mise en œuvre</b>	MHUAE – ADEREE – Associations Professionnelles des Promoteurs
<b>Chance de succès</b>	Forte chance de réussite

Barrière III: Obstacles techniques	
<b>Nature</b>	Les obstacles techniques identifiés qui peuvent constituer un frein à la diffusion des technologies d'EE dans le bâtiment social portent principalement sur la détermination du type et matériaux d'isolation préconisés par zone bioclimatique et les modalités pratiques de mise en place des chauffes eau solaires (espace disponible sur les toits, accès aux toits, installations collectives ou individuelles, etc.)
<b>Degré</b>	Les obstacles techniques sont jugés importants
<b>Relation causale</b>	Les principales causes à l'origine de cet obstacle est la nature spécifique du type de logement et la disparité climatique régionale.
<b>Mesures proposées</b>	Intégration dans le cahier des charges les spécifications d'isolation selon les zones bioclimatiques et les prescriptions d'espace requis pour les installations des chauffes eau solaires.
<b>Cadre propice</b>	Adapter le type et les matériaux d'isolations aux conditions climatiques régionales. De même, il y a lieu d'assurer l'adéquation des plans de construction avec l'alimentation d'eau chaude sanitaire d'origine solaire.
<b>Coût des mesures proposées</b>	Intégré aux coûts de préparation et de gestion du projet
<b>Acteurs de mise en œuvre</b>	MHUAE – ADEREE – Associations Professionnelles des Promoteurs
<b>Chance de succès</b>	Moyenne

<b>Barrière IV: Communication et sensibilisation des usagers</b>	
<b>Nature</b>	Le manque de communication et de sensibilisation des usagers à l'intérêt et les bénéfices des logements durables mais également des promoteurs pour la promotion et la commercialisation de ce type de logement peut constituer un obstacle majeur au succès du programme et à la diffusion des technologies d'EE dans le logement social
<b>Degré</b>	L'obstacle de manque d'information et de sensibilisation sur le programme est jugé majeur
<b>Relation causale</b>	Deux causes principales sont à l'origine de l'obstacle de manque de sensibilisation sur les bénéfices du LSD : faible diffusion de l'information aux utilisateurs sur les trois technologies ciblées et les faibles structures de communication pour l'appui au LSD (technologies offertes, les avantages, les coûts, les sources de financement, etc. )
<b>Mesures proposées</b>	Allocation de 1% du coût du LSD au plan de communication
<b>Cadre propice</b>	Mise en place d'un programme adéquat de communication et de sensibilisation des promoteurs et des usagers potentiels du LSD
<b>Coût des mesures proposées</b>	250 MDh
<b>Acteurs de mise en œuvre</b>	Coût pris en charge par les programmes de communication des promoteurs et du MHUAE
<b>Chance de succès</b>	Moyenne

Production et utilisation des sels fondus dans les centrales solaires thermodynamiques	
<b>Présentation résumée</b>	Production et utilisation des sels fondus pour les centrales solaires thermodynamiques pour le stockage de l'énergie thermique. Ces sels seront destinés à l'utilisation locale dans les centrales solaires CSP et pour l'export.
<b>Type de technologie</b>	La technologie visée est une technologie de production de sels fondus et de son expérimentation dans le cadre d'un projet pilote
<b>Stade de développement</b>	Le choix du type de sel et son utilisation est au stade expérimental
<b>Marché ciblé</b>	Le marché ciblé est le marché local estimé à quelques 1000 MW en centrales thermodynamiques et celui de l'export
<b>Barrières identifiées</b>	<p>Les principales barrières identifiées sont liées au risque technique compte tenu du fait que la technologie est à un stade expérimental, et au marché pour la commercialisation des sels produits.</p> <p>Les barrières générales liées à la nature du projet de développement et d'expérimentation de la technologie ont été détaillées dans le paragraphe 4.2 ci-dessus. Il s'agit des cinq barrières principales suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraintes techniques ;</li> <li>• Obstacles d'ordre économique et financier ;</li> <li>• Risque/obstacles du marché ;</li> <li>• Obstacles et contraintes d'ordre juridique et réglementaire ;</li> <li>• Ressources humaines.</li> </ul> <p>En plus de ces barrières, les obstacles spécifiques portent sur la nécessité de prospection pour l'identification de gisements salifères, et la disponibilité au Maroc de sels adaptés pour utilisation dans les centrales solaires locales et pour export.</p>
Barrière spécifique : Nécessité de la disponibilité locale de sels adaptés pour une mixture sels solaires optimale	
<b>Nature</b>	Les obstacles spécifiques de la technologie sont liés à la nécessité de prospection des gisements salifères et l'identification de la mixture sels solaires disponibles et adaptés à l'utilisation dans les centrales solaires thermodynamiques
<b>Degré</b>	Les obstacles identifiés sont jugés moyens à importants compte tenu surtout de la nature expérimentale du projet et de la nécessité de prospection qui peut s'avérer coûteuse.
<b>Relation causale</b>	Les obstacles spécifiques identifiés sont dus à la nécessité de prospection et d'identification de sels adéquats à l'usage optimal dans les centrales solaires.
<b>Mesures proposées</b>	<p>Les mesures proposées pour dépasser les contraintes identifiées consistent en i) l'intensification des programmes de prospection et amélioration des connaissances des gisements salifères locaux ii) mise en place de programme de recherche et développement pour l'utilisation optimale des sels locaux dans les centrales CSP.</p> <p>Dans ce cadre, des accords de partenariats sont prévus avec REMINEX et avec <b>DLR</b> (centre de recherche aérospatial allemand), pionnier dans la recherche et le développement de technologies solaires thermodynamiques. Ce partenariat vise la mise en place d'un projet pilote de la technologie développée sur la base de sels locaux, adaptée à son utilisation dans les centrales solaires CSP.</p>

Section II – Plan d’Actions Technologiques

Maroc

<p><b>Cadre propice</b></p>	<p>Les activités proposées de R&amp;D et de mise en œuvre d’une installation pilote pour tester et mettre au point la technologie de production et d’utilisation des sels fondus pour des centrales CSP au Maroc, est conçu pour créer le cadre propice au développement et à la diffusion de la technologie.</p> <p>Un partenariat est prévu dans le cadre de la mise en œuvre du projet avec REMINEX en charge des projets Recherche/Développement de MANAGEM. REMINEX maîtrise tous les maillons de la chaîne d’exploration minière, de développement pour la production de nouveaux matériaux, de l’ingénierie et des études de faisabilité à la réalisation de prototype et la mise en service. Il est prévu que REMINEX développe et optimise les mixtures des sels solaires.</p>
<p><b>Coût des mesures proposées</b></p>	<p>Le coût total du projet de démonstration de la technologie est estimé à 400 000 €</p>
<p><b>Acteurs de mise en œuvre</b></p>	<p>Institut de Recherche en Energie Solaire et en Energies Nouvelles (IRESEN) ; MASEN-REMINEX et DLR</p>
<p><b>Chance de succès</b></p>	<p>Moyenne</p>

Utilisation du photovoltaïque concentré pour les centrales solaires	
<b>Présentation résumée</b>	<p>Développement et utilisation de la technologie CPV dans le cadre du programme solaire marocain.</p> <p>Cette action a pour objet de tester et d'adapter la technologie CPV en vue d'une intégration industrielle locale optimisée, et d'une diversification des technologies solaires du programme solaire marocain.</p>
<b>Type de technologie</b>	La technologie visée est une technologie de production d'énergie par une technologie PV plus efficiente
<b>Stade de développement</b>	La technologie des centrales PV de puissance est mûre et largement répandue. Cependant le CPV qui offre des rendements plus importants (26% et plus) reste au stade expérimental et pilote.
<b>Marché ciblé</b>	Le marché ciblé est le marché local estimé à quelques 1000 MW en PV, et éventuellement celui de l'export
<b>Barrières identifiées</b>	<p>Les principales barrières identifiées sont liées aux risques financier et technique, compte tenu du fait que la technologie est à un stade expérimental et que son coût reste élevé.</p> <p>Les barrières générales liées à la nature du projet de développement et d'expérimentation de la technologie ont été détaillées dans le paragraphe 4.2 ci-dessus. Il s'agit des cinq barrières principales suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraintes techniques ;</li> <li>• Obstacles d'ordre économique et financier ;</li> <li>• Risque/obstacles du marché ;</li> <li>• Obstacles et contraintes d'ordre juridique et réglementaire ;</li> <li>• Ressources humaines.</li> </ul> <p>En plus de ces barrières, les obstacles spécifiques au développement de la technologie CPV portent sur le coût de la technologie qui reste élevé*. Au delà d'une subvention pour le financement du pilote et des activités de développement, l'IRESEN estime qu'il faudra soutenir financièrement les entreprises souhaitant installer des parcs solaires à hauteur d'au moins 30 % pour que le prix du kWh soit raisonnable et puisse être acheté par l'Office National d'Electricité (ONE).</p> <p>* le coût du MW CPV installé est estimé à 3 M€ contre 1,4M€ pour l'éolien par exemple.</p>
<b>Barrière principale spécifique: coût élevé</b>	
<b>Nature</b>	Au delà des obstacles généraux liés à la nature expérimentale et de développement de la technologie, le coût élevé de la technologie constitue une barrière majeure à la diffusion de la technologie après son développement.
<b>Degré</b>	Cet obstacle est jugé majeur
<b>Relation causale</b>	Les obstacles identifiés sont dus au stade de développement pilote de la technologie et surtout à son coût élevé
<b>Mesures proposées</b>	Les mesures proposées pour dépasser les contraintes identifiées consistent en i) Recherche et développement en matière du CPV en vue d'optimisation des coûts de mise en place d'une installation de démonstration pilote ; ii) Mobilisation des ressources financières requises pour le développement de la technologie dans le cadre de partenariats locaux et internationaux.

## Maroc

<b>Cadre propice</b>	Des partenariats avec des institutions internationales sont prévus pour créer le cadre propice au succès du programme de R&D, et pour tester et mettre au point la technologie de CPV pour les centrales solaires marocaines et pour l'export. Le programme de R&D CPV est conçu en partenariat avec des institutions nationales et internationales disposant de l'expertise requise pour assurer le succès du projet : i) l'entreprise Soitec, est une multinationale française, leader dans la génération et la production de matériaux semi-conducteurs de hautes performances ; ii) la Fraunhofer-Gesellschaft est un organisme allemand spécialisé dans la recherche en sciences appliquées ; iii) MASEN en charge du développement du programme national solaire et iv) l'Université Al Akhawayne à Ifrane est une université publique, autonome, à but non lucratif, mixte, engagée à former les futures élites citoyennes, du Maroc. Elle est réputée pour les compétences de ses professeurs et chercheurs et pour la qualité de son enseignement. L'université Al Akhawayne a déjà procédé à l'installation d'un démonstrateur CPV dans le cadre du projet Nacir.
<b>Coût des mesures proposées</b>	Le coût pour le développement d'une installation pilote de 1 MWc est estimé à 3,5 millions d'euros
<b>Acteurs de mise en œuvre</b>	Institut de Recherche en Energie Solaire et en Energies Nouvelles (IRESEN) MASEN-Université Al Akhawayne, Soitec et Fraunhofer-Gesellschaft
<b>Chance de succès</b>	Moyenne

Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l'électricité	
<b>Présentation résumée</b>	Développement de la technologie hydrolienne au Maroc
<b>Type de technologie</b>	La technologie visée est une technologie de production d'énergie par une technologie innovante d'utilisation des courants marins
<b>Stade de développement</b>	La technologie des éoliennes de puissance est mûre et largement répandue. Cependant des turbines hydroliennes utilisant l'énergie des courants marins pour la production de l'électricité reste au stade expérimental
<b>Marché ciblé</b>	Le marché ciblé est le marché local jugé important compte tenu de la longueur des côtes nationales (plus de 3 500 km), de la force et de la stabilité des courants marins
<b>Barrières identifiées</b>	<p>Les principales barrières identifiées sont liées au risque technique, compte tenu du fait que la technologie est à un stade expérimental.</p> <p>Les barrières générales liées à la nature du projet de développement et d'expérimentation de la technologie ont été détaillées dans le paragraphe 4.2 ci-dessus. Il s'agit des cinq barrières principales suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contraintes techniques ;</li> <li>• Obstacles d'ordre économique et financier ;</li> <li>• Risque/obstacles du marché ;</li> <li>• Obstacles et contraintes d'ordre juridique et réglementaire ;</li> <li>• Ressources humaines.</li> </ul> <p>En plus de ces barrières, les obstacles spécifiques de développement d'une hydrolienne portent les risques techniques de développement et sur le coût relativement élevé du projet.</p>
Barrière principale : Risque technique et financier	
<b>Nature</b>	Les obstacles au développement et la diffusion de la technologie sont d'ordre technique et financier
<b>Degré</b>	Les obstacles identifiés sont jugés majeurs, compte tenu surtout de la nature expérimentale du projet, et de la contrainte de difficultés anticipées de financement
<b>Relation causale</b>	Les obstacles identifiés sont dus au stade de développement pilote de la technologie, l'absence d'un partenariat pour le développement de la technologie et difficulté de financement
<b>Mesures proposées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réalisation d'une étude de faisabilité technico économique et une étude approfondie du potentiel de production hydrolienne au Maroc pour cerner les coûts et les risques techniques de la technologie ;</li> <li>• Identification et mobilisation de partenaires techniques et financiers pour le développement de la technologie ;</li> <li>• Mise en œuvre d'un projet pilote de démonstration de la technologie.</li> </ul>

Section II – Plan d’Actions Technologiques

**Maroc**

<p><b>Cadre propice</b></p>	<p>Les activités de développement de la technologie hydrolienne au Maroc, à travers un partenariat pour la R&amp;D, et la mise en œuvre d’un pilote de démonstration en vue de mettre au point la technologie hydrolienne, sont conçues pour accompagner la stratégie nationale de développement des énergies renouvelables. Le cadre propice au développement et à la diffusion de la technologie devrait être instauré par un partenariat stratégique avec des institutions compétentes dans le domaine et par la mobilisation des ressources financières requises.</p>
<p><b>Coût des mesures proposées</b></p>	<p>Le coût de développement et d’opérationnalisation d’une installation pilote de 1 à 2 MW est estimé à 8 millions d’euros</p>
<p><b>Acteurs de mise en œuvre</b></p>	<p>ADEREE , l’ONE et l’IRESEN</p>
<p><b>Chance de succès</b></p>	<p>Moyenne</p>

### 6.3.4 Analyse globale des barrières

Le tableau ci-après résume les résultats des analyses spécifiques du paragraphe précédent selon l'inventaire des barrières des paragraphes 4.2 et 4.3. Le niveau d'obstacle de chacune des barrières identifiées est caractérisé par le nombre de marques :

 : Barrière forte difficile à surmonter

 : Barrière moyenne

 : Barrière faible facilement surmontable

Les résultats d'évaluation de l'importance des différentes barrières au développement de chacune des quatre technologies sélectionnées sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 11: Résumé de l'analyse des barrières

Technologie	Barrière	Economique et financier	Marché	Politique/juridique	Réseau Commercial	Institution Organisation	Capacités humaines	Social et Culturel	Information	Technique	Autres
EE Logement social											
Sels fondus CSP											
CPV											
Hydrolienne											
<b>Total</b>		<b>9</b>	<b>6</b>	<b>4</b>		<b>3</b>	<b>4</b>		<b>2</b>	<b>9</b>	

Il ressort de cette analyse que les deux principales barrières du portefeuille des technologies d'atténuation du Maroc sont d'ordre technique et d'ordre économique et financier. La première s'explique par le caractère pilote de la majorité des technologies sélectionnées et la seconde par le coût relativement élevé des technologies retenues.

## Chapitre 7. Actions technologiques

### 7.1 Introduction

Le processus EBT a permis l'identification, la hiérarchisation et la sélection des technologies prioritaires d'atténuation des émissions des GES. Les travaux de groupes organisés dans le cadre du processus d'EBT ont permis également l'analyse des contraintes et la définition du cadre propice au déploiement des technologies retenues. Les Groupes ont proposé le test, le développement ou le déploiement des technologies prioritaires dans le cadre de projets ou programmes spécifiques prenant en compte le contexte et les priorités nationales des secteurs concernés.

### 7.2 Projets technologiques présélectionnés

Les projets technologiques de test, développement ou déploiement des technologies présélectionnées, telles qu'elles ont été arrêtées dans le cadre des travaux des Groupes EBT, sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau 12: Brèves présentations des technologies d'atténuation identifiées au stade initial du processus de sélection

N°	Projet	Description Résumée	Type de projet	Activités prévues/Technologies ciblées	Portage du projet	Remarques et références
1	Utilisation des technologies d'efficacité énergétique dans le cadre du programme Logement Social (isolation, éclairage efficace et utilisation de l'énergie solaire)	Mise en œuvre d'un programme de 100 000 logements sociaux avec intégration de mesures d'EE pour le respect du code thermique, et l'utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage de l'eau sanitaire. Technologies préconisées : isolation, Chauffe Eau Solaire, éclairage efficace, etc.	Déploiement	Mise en place d'un mécanisme de financement du surcout du Logement Social estimé à 20 000 Dh par logement	MHUAE ADEREE	<b>Références :</b> - Efficacité Energétique dans les Bâtiments : transformer le marché- World Business Council for Sustainable Development-2011; -www.mhuae.gov.ma; - Projet de réglementation thermique du bâtiment au Maroc - <a href="http://www.aderee.ceeb.ma">www.aderee.ceeb.ma</a>
2	Utilisation de la technologie des chaudières améliorées dans les hammams	Le projet proposé consiste à équiper l'ensemble des hammams traditionnels par des chaudières améliorées dont le rendement est 3 fois plus élevé par rapport aux chaudières traditionnelles utilisées actuellement	Déploiement	Le projet est largement justifié par i) les économies importantes en consommation de bois de feu ; ii) la lutte contre la déforestation et l'érosion des sols ; iii) les retombées économiques sur les exploitants des hammams ; iv) l'amélioration du cadre de travail des conducteurs des chaudières traditionnels ; v) réduction des émissions de GES	ADEREE- Association Professionnelle des exploitants des hammams	<a href="http://www.aderee.ma">www.aderee.ma</a>

Section II – Plan d’Actions Technologiques

Maroc

N°	Projet	Description Résumée	Type de projet	Activités prévues/Technologies ciblées	Portage du projet	Remarques et références
3	Utilisation de la cogénération pour la valorisation des rejets de la Mine de Hajjar	Managem opère depuis 1992 la mine polymétallique Hajjar située sur le site de Guemassa. Des déchets nuisibles, issus du processus de flottation des concentrés de Zinc, Plomb et Cuivre sont produits et stockés dans des digues couvrant aujourd’hui plus de 50 ha et qui s’étendront sur 100 ha dans les 10 prochaines années pour cumuler plus de 40 millions de tonnes. Ces déchets composés principalement des sulfures de Fer peuvent être valorisés pour produire la pyrrhotine et l'acide sulfurique. Cette valorisation permet également de produire des excès importants d'énergie électrique. La pyrrhotine produite sera utilisée pour la production de 1,8 millions de tonnes de H2SO4 et la génération de quelques 300 GWh/an.	Réalisation	Etude de faisabilité du projet Etude des impacts sur l'environnement du projet Mise en œuvre d'une usine de traitement par grillage des rejets de la Mine de Hajjar d'une capacité de 2 millions de tonnes/an.	Managem Reminex	Coût du projet 450 millions de \$ Le projet sera localisé près du port de Safi. Appui à l'acquisition du terrain requis pour le projet (50 ha ) et à la construction de la voie ferré pour relier le site de la mine au réseau national (55 km) pour le transport des produits.

Section II – Plan d’Actions Technologiques

Maroc

N°	Projet	Description Résumée	Type de projet	Activités prévues/Technologies ciblées	Portage du projet	Remarques et références
4	Utilisation des Technologies Vertes pour le secteur des transports	<p>L'initiative consiste à nouer des partenariats avec les opérateurs du secteur des transports en vue de la promotion des technologies vertes dans le secteur (camions-taxis -bus-véhicules privés). Les mesures qui peuvent être envisagées:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Prime pour le renouvellement du parc;</li> <li>-Amélioration du comportement de conduite, l'efficacité énergétique et la sécurité routière</li> <li>-Pneumatique à réduction de consommation des carburants;</li> <li>-Promotion de la logistique Fret Vert;</li> <li>- Formation à l'éco-conduite;</li> <li>- Extension des visites techniques aux taux des émissions;</li> <li>- Utilisation de lubrifiants synthétiques ;</li> <li>- Optimisation des tournées des flottes de transport.</li> </ul>	Réalisation	<p>Etude de conception et d'opérationnalisation du centre;</p> <p>Constitution d'un comité d'appui et de mobilisation de l'appui des pays africains;</p> <p>Constitution d'un réseau de pôles d'excellence en Afrique en matière des technologies Climat</p> <p>Montage financier</p> <p>Création du centre</p>	CGEM- Fédération des Transports MET ADEREE	<p><b>Référence</b> : Technologies for Climate Transport Sector – UNEP-GEF 2011Change Mitigation:</p>

Section II – Plan d’Actions Technologiques

Maroc

N°	Projet	Description Résumée	Type de projet	Activités prévues/Technologies ciblées	Portage du projet	Remarques et références
5	Smart Grid Réseaux électriques intelligents	Modernisation du réseau électrique national par l'intégration des technologies numériques en vue de suivre, anticiper, protéger et optimiser automatiquement le fonctionnement des interconnexions au réseau électrique: des centrales de génération, aux réseaux de distribution ainsi qu'aux postes de consommations des utilisateurs finaux	Pilotes Déploiement	Etude des options d'utilisation des technologies et des techniques Smart Grid dans le réseau électrique national -Intégration progressive des technologies et des techniques pertinentes à la modernisation du réseau	ONE MEMEE	Des pilotes peuvent être mis en œuvre à l'échelle d'un réseau local Référence: IEA Smart Grid Roadmap <a href="http://www.iea.org/papers/2011/smartgrids_roadmap.pdf">www.iea.org/papers/2011/smartgrids_roadmap.pdf</a>
6	Utilisation des technologies des énergies décentralisées	Le projet proposé consiste en la mise en œuvre, à titre de démonstration, d'un système intégré d'approvisionnement et de distribution énergétique décentralisée au niveau d'un village ou d'une zone urbaine par recours massif aux sources d'approvisionnement en énergies renouvelables disponibles localement.	Pilote	Identification d'un village ou zone urbaine, diagnostic des besoins et des ressources énergétiques disponibles – Définition du système énergétique (technologies) et mise en place du pilote	MEMEE-ONE - ADEREE	Decentralized Energy Systems – European Parlement-2010

Section II – Plan d’Actions Technologiques

Maroc

N°	Projet	Description Résumée	Type de projet	Activités prévues/Technologies ciblées	Portage du projet	Remarques et références
7	Diffusion à Grande échelle des chauffe eau solaires	Le projet proposé consiste à apporter l’appui au nouveau programme CES de l’ADEREE pour le développement du marché local et l’atteinte de l’objectif d’un parc de 1,7 millions de m2 à l’horizon 2020	Déploiement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promotion de la qualité des équipements et des services y afférents</li> <li>• Renforcement des capacités des opérateurs du secteur</li> <li>• Subvention du CES à hauteur de 500-750 DH/m<sup>2</sup> installé et assistance au financement</li> <li>• Plan promotionnel portant sur l’installation de 200 000 m2 de capteurs</li> </ul>	ADEREE	<a href="http://www.aderee.ma">www.aderee.ma</a>
8	Production et utilisation des sels fondus comme fluide caloporteur dans les centrales solaires thermodynamiques	Le projet consiste à étudier la possibilité de produire localement des sels pour les centrales solaires CSP avec utilisation comme fluide caloporteur et/ou pour le stockage de l’énergie thermique.	R&D Pilote	<p>Etude de la possibilité de produire au Maroc des sels pour les centrales CSP</p> <p>Analyser des mixtures à fort potentiel pour stocker l’énergie thermique</p> <p>Installation d’un démonstrateur CSP avec sels fondus (fluide caloporteur /stockage)</p>	MASEN REMINEX	IEA Technology Roadmap: Concentrating Solar Power <a href="http://www.iea.org/papers/2010/csp_roadmap.pdf">www.iea.org/papers/2010/csp_roadmap.pdf</a>

Section II – Plan d’Actions Technologiques

Maroc

N°	Technologie	Description Résumée	Type de projet	Activités prévues/Technologies ciblées	Portage du projet	Remarques et références
9	Utilisation d’une tour solaire pour le captage et stockage géologique du carbone	Le projet consiste en la mise d’une unité pilote de captage et stockage géologique du carbone (CCS) et l’utilisation d’une tour solaire pour la production de l’énergie requise à la séparation du carbone	Pilote	Le projet proposé offre un double avantage : captage et stockage du carbone et le recours à une énergie propre et renouvelable sans pratiquement d’émissions additionnelles de carbone	MASEN, IRESEN et l’ONE	ETH Zurich <a href="http://www.ethz.ch/">http://www.ethz.ch/</a> IEA Technology Roadmap : CCS for Power Generation and Industry <a href="http://www.iea.org/papers/2009/CCS_Roadmap.pdf">www.iea.org/papers/2009/CCS_Roadmap.pdf</a>
10	Utilisation du photovoltaïque concentré pour les centrales solaires	Le projet consiste à la mise en œuvre d’un projet de démonstration pilote d’utilisation du CPV	R&D Pilote	Mise en œuvre d’un projet pilote CPV	MASEN IRESEN AL AKHAWAYN	<b>Référence :</b> IEA Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy <a href="http://www.iea.org/papers/2010/pv_roadmap.pdf">www.iea.org/papers/2010/pv_roadmap.pdf</a>
11	Programme d’appui à la mise en œuvre du programme national éolien	Ce programme est destiné à l’accompagnement du programme national de développement de la filière éolienne au Maroc. Il vise la création de pôles de formation du personnel technique qualifié dans les domaines de fabrication des composantes éoliennes et d’opération et de maintenance des parcs éoliens.	Réalisation	Analyse besoins en matière de formation et de développement des capacités en appui à la filière éolienne Mise en place de partenariats institutionnels et Public/Privé pour la mise en place des filières de formation	ONE OFPPT MEMEE	

Section II – Plan d’Actions Technologiques

Maroc

N°	Projet	Description Résumée	Type de projet	Activités prévues/Technologies ciblées	Portage du projet	Remarques et références
12	Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l’électricité	Etude du potentiel des hydroliennes au Maroc et mise en œuvre d'un projet de démonstration	Pilote	Etude du potentiel d'utilisation des hydroliennes au Maroc Mise en œuvre d'une hydrolienne pilote	ADEREE ONE	
13	Technologies de captage et de valorisation biologique du carbone Algocarburants	Réalisation d'un projet pilote de captage de CO2 et d'utilisation du processus de photosynthèse pour la multiplication des micro algues, extraction des lipides de la biomasse algale et la production de biocarburants	R&D Pilote	Identification des micro algues riches en lipides Identification des partenaires et définition du concept du projet Montage financier Construction du pilote	ADEREE/SIE Université Chouaib Doukkali-Faculté des Sciences- El Jadida	<b>Référence</b> : IEA Bioenergy 2010 Annual Report includes a special feature article 'Algal Biofuels Status and Prospects' prepared by Task 39. <a href="http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6780">www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6780</a>
14	Captage et stockage géologique du Carbone	Etude du potentiel du Carbon Capture and Storage (CCS) au Maroc et mise en œuvre d'un projet pilote	Pilote	Identification des sites favorables et évaluation du potentiel du CCS au Maroc ; Réalisation d’une étude de faisabilité technique, financière et économique de la technique CCS au Maroc ; Selon les résultats de l’étude de faisabilité la réalisation d’un projet pilote CCS	ONE/APC ADEREE COMET	IEA Technology Roadmap : CCS for Power Generation and Industry <a href="http://www.iea.org/papers/2009/CCS_Roadmap.pdf">www.iea.org/papers/2009/CCS_Roadmap.pdf</a>

### 7.3 Projets technologiques retenus

Le processus d’EBT du Maroc en matière d’atténuation des émissions des GES a permis de retenir pour le PAT quatre technologies d’atténuation jugées hautement prioritaires et réalisables à court ou moyen termes. Il s’agit des quatre technologies suivantes :

1. Utilisation des technologies d’efficacité énergétique dans le cadre du Programme National Logement Social Durable
2. Production et utilisation des sels fondus dans les centrales solaires thermodynamiques
3. Utilisation du photovoltaïque concentré pour les centrales solaires
4. Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l’électricité.

Les fiches projets de test, de développement ou de déploiement de ces technologies sont présentés dans l’annexe I du rapport.

# Références

MEMEE-Département de l'Environnement 2001, Première Communication Nationale du Royaume du Maroc au CCNUCC, [http://unfccc.int/essential\\_background/library/items/3599.php?rec=j&prire=3231#beg](http://unfccc.int/essential_background/library/items/3599.php?rec=j&prire=3231#beg)

MEMEE-Département de l'Environnement 2010, Première Communication Nationale du Royaume du Maroc au CCNUCC, [http://unfccc.int/essential\\_background/library/items/3599.php?such=j&symbol=MAR/COM/3%20E#beg](http://unfccc.int/essential_background/library/items/3599.php?such=j&symbol=MAR/COM/3%20E#beg)

MEMEE-Département de l'Environnement 2009, Plan National de lutte contre les changements climatiques

MEMEE-Département de l'Energie 2011, Nouvelle Stratégie Energétique Nationale – Bilan d'Etape, <http://www.mem.gov.ma/publucations/StrategieEnergetiqueAout2011.pdf>

MEMEE-Département de l'Environnement 2010, Stratégie Nationale de Protection de l'Environnement

MEMEE-Département de l'Environnement 2002, Plan d'Action National pour l'Environnement

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime -Agence pour le Développement Agricole 2008, Plan Maroc Vert

MEMEE-Département de l'Environnement 2011, Charte Nationale de l'Environnement

MEMEE-Département de l'Eau, 2010- Stratégie Nationale de l'Eau et des Plans d'Action à Court, Moyen et Long Termes pour le Développement du Secteur de l'Eau du Maroc ;

Ministère de l'Intérieur – Direction de l'Eau et de l'Assainissement, 2009, Programme National des Déchets Ménagers et Assimilés.

Royaume du Maroc, 2006, Rapport du cinquantenaire: 50 ans de développement humain au Maroc et perspectives pour 2025, <http://www.rdh50.ma/fr/index.asp>

PNUD 2010, Guide pour l'évaluation des besoins technologiques pour le changement climatique

CNUCC 2007, Bonnes pratiques pour l'évaluation des besoins technologiques

UNEP 2010, Technologies for Climate Change Adaptation-Coastal Erosion and Flooding

PNUE, Centre RISOE, 2011, Base de Données des Technologies d'atténuation des gaz à effet de serre, ClimateTechWiki, <http://climatetechwiki.org>

PNUE, Centre RISOE, 2010, Logiciel d'analyse financière des technologies

PNUE, Centre RISOE, 2010, Logiciel d'analyse multi-critères

PNUE, Centre RISOE, 2010, Guide d'orientation du processus : surmonter les obstacles au transfert et à la diffusion des technologies respectueuses du climat

Agence Internationale de l'Energie, 2010, Perspectives des technologies de l'énergie : Scénarios et stratégies à l'horizon 2050

World Business Council for Sustainable Development- 2011-Efficacité Energétique dans les Bâtiments : transformer le marché

ADEREE, 2011, Projet de réglementation thermique du bâtiment au Maroc, [www.aderee.ceeb.ma](http://www.aderee.ceeb.ma)

## Références

### Maroc

UNEP-GEF, 2011, Technologies for Climate Change Mitigation: Transport Sector

International Energy Agency, 2011, Smart Grid Roadmap [www.iea.org/papers/2011/smartgrids\\_roadmap.pdf](http://www.iea.org/papers/2011/smartgrids_roadmap.pdf)

International Energy Agency, 2010, Technology Roadmap: Concentrating Solar Power  
[www.iea.org/papers/2010/csp\\_roadmap.pdf](http://www.iea.org/papers/2010/csp_roadmap.pdf)

International Energy Agency, 2009, Technology Roadmap: CCS for Power Generation and Industry  
[www.iea.org/papers/2009/CCS\\_Roadmap.pdf](http://www.iea.org/papers/2009/CCS_Roadmap.pdf)

International Energy Agency, 2010, Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy  
[www.iea.org/papers/2010/pv\\_roadmap.pdf](http://www.iea.org/papers/2010/pv_roadmap.pdf)

International Energy Agency, 2010, Bioenergy 2010 Annual Report includes a special feature article 'Algal Biofuels Status and Prospects' prepared by Task 39, [www.ieabioenergy.com/ListItem.aspx?id=6780](http://www.ieabioenergy.com/ListItem.aspx?id=6780)

# **Annexes**

Annexe I

Maroc

## **Annexe I. Fiches des Technologies Présélectionnées**

## 1 Utilisation des technologies d'efficacité énergétique dans le cadre du Programme National Logement Social Durable (PNLSD)

### Description

Le Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de l'Aménagement de l'Espace (MHUAE) a mis en œuvre un programme national pour la réalisation de 300 000 nouveaux logements sociaux à l'horizon 2020 au profit de 1,5 million de bénéficiaires, d'un investissement direct de 60 MMDh. Ce programme devrait générer à terme 160 000 nouveaux emplois.

Les logements à construire font l'objet de conventions signées entre l'Etat et les promoteurs immobiliers privés qui doivent respecter un cahier de charges minimales.

Au niveau énergie, le secteur des bâtiments est responsable de près de 36% de la consommation énergétique nationale, soit 5 millions de TEP par an réparties en 29% pour le résidentiel et 7% pour le tertiaire. Pour améliorer la performance énergétique du secteur et permettre son développement durable, le MEMEE a élaboré, en étroite concertation avec l'ensemble des acteurs concernés, un nouveau code fixant les normes thermiques dans les bâtiments au Maroc.

Dans ce contexte, le programme proposé a pour objet la construction, en complément au programme Logement Social en cours de réalisation, de 100 000 logements sociaux durables intégrant des mesures d'efficacité énergétique pour le respect du code thermique et l'utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage de l'eau sanitaire.

Le programme proposé financera le surcoût des mesures préconisées d'EE/EnR (isolation, Chauffe Eau Solaire, éclairage efficace, etc.) dans une limite de 8% du prix de vente actuel du logement social. La subvention par le programme sera ainsi plafonnée à 20 000 Dh par logement.

### Justification de la technologie

Le programme a une forte valeur ajoutée tant sociale, environnementale qu'économique. C'est un programme par excellence de développement durable intégré ciblant l'amélioration des conditions de vie et l'allègement de la facture énergétique des ménages à faibles revenus. Au-delà des économies d'énergies préconisées et de son impact social, la réalisation du programme est porteuse d'un message symbolique fort: le comportement citoyen du logement social donnant l'exemple d'application volontariste du code thermique.

### Acteurs

Les principaux acteurs et partenaires concernés par le projet : MHUAE-ADEREE

### Maturité de la technologie

Maturité de la Technologie	
<input type="radio"/>	Recherche & Développement
<input type="radio"/>	Démonstration/Pilote
<input checked="" type="radio"/>	Déploiement

### Potentiel de succès

Potentiel de succès au Maroc	
<input type="radio"/>	Faible
<input type="radio"/>	Moyen
<input checked="" type="radio"/>	Fort

### Références

- ✓ [www.mhuae.gov.ma](http://www.mhuae.gov.ma)
- ✓ Efficacité Énergétique dans les Bâtiments : transformer le marché- World Business Council for Sustainable Development- 2011
- ✓ Projet de réglementation thermique du bâtiment au Maroc [www.aderee.ceeb.ma](http://www.aderee.ceeb.ma)

## 2 Utilisation de la cogénération dans le secteur industriel : Valorisation matière et énergétique des rejets de la mine d'Ait Hajjar- Guemmassa

### Description

Managem est une compagnie minière et métallurgique. Depuis 1992, elle opère dans une mine polymétallique sur le site de Guemmassa. Des déchets nuisibles, issus du processus de flottation des concentrés de Zinc, Plomb et Cuivre sont produits et stockés dans des digues couvrant aujourd'hui plus de 50 ha.

Ces rejets ont une composition hétérogène où la pyrrhotine a la plus grande proportion. Au cours de ces dernières années, Managem s'est intéressé à la meilleure manière de les rendre inerte vis-à-vis de l'environnement par une valorisation matière et énergétique.

Après plusieurs essais au laboratoire et par pilote, il a été conclu que la valorisation par voie de grillage est la plus viable dans la mesure où elle permet également de produire par cogénération une quantité très importante d'énergie (thermique et électrique en excès).

La pyrrhotine, principale constituant des rejets de la mine stockés dans des digues, est valorisée, de part son contenu en soufre (min 34%), dans un four de grillage. La réaction de décomposition de la pyrrhotine en présence de l'air est très fortement exothermique. Les gaz issus de cette réaction sont principalement du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Après traitement de ce gaz par cyclonage, filtration à sec puis humide, dans des électro-filtres et ensuite séchage, il est envoyé dans un convertisseur à plusieurs étages où un catalyseur assure la transformation du dioxyde de Soufre en trioxyde de soufre. Ce dernier est envoyé dans des tours d'absorption où l'eau réagit avec le gaz pour former l'acide sulfurique. L'acide sulfurique ainsi produit sera valorisé par le groupe OCP, réduisant ainsi sa totale dépendance d'import du soufre sur le marché l'international.

Comme toutes les réactions mises en jeu (grillage de la pyrrhotine, oxydation du dioxyde de soufre et absorption de l'eau par le trioxyde de soufre) sont très exothermique, les unités sont munies de circuits d'eau conduisant à la production de vapeur à haute pression et haute température. La vapeur, ainsi produite, alimente un turbogénérateur à condensation totale pour transformer cette énergie thermique en énergie électrique.

L'usine et ses utilités consommeront 45% de l'énergie totale produite et le reste sera exporté comme énergie propre.

### Justification de la technologie

Le projet de diffusion de la technologie de la cogénération est largement justifié par sa double valorisation matière et énergétique d'un important stock de déchets qui pose actuellement de graves problèmes de pollution. Le projet permettra non seulement de produire de l'acide sulfurique et de générer d'importantes quantités d'énergie mais également de protéger l'environnement par l'élimination de la pollution des ressources en eau et des sols causées par le stock des rejets de la mine.

### Acteurs

Managem (promoteur du projet) et Reminex (ingénierie du projet)

### Maturité de la technologie

Maturité de la Technologie	
<input type="radio"/>	Recherche & Developpment
<input type="radio"/>	Démonstration/Pilote
<input checked="" type="radio"/>	Déploiement

### Potentiel de succès

Potentiel de succès au Maroc	
<input type="radio"/>	Faible
<input type="radio"/>	Moyen
<input checked="" type="radio"/>	Fort

Références

- ✓ L'usine de grillage de la pyrite en Turquie détenue par Eti Bank à Bandirma (2004)
- ✓ L'usine de grillage de pyrrotine/pyrite à Tongling en Chine (2007)
- ✓ L'usine de grillage de la pyrite, propriété de Yunfu Pyrite Entreprises Group Corp, Chine
- ✓ Les deux usines de grillage de pyrite, propriété de Wengfu Group Co, Ltd (Chine)

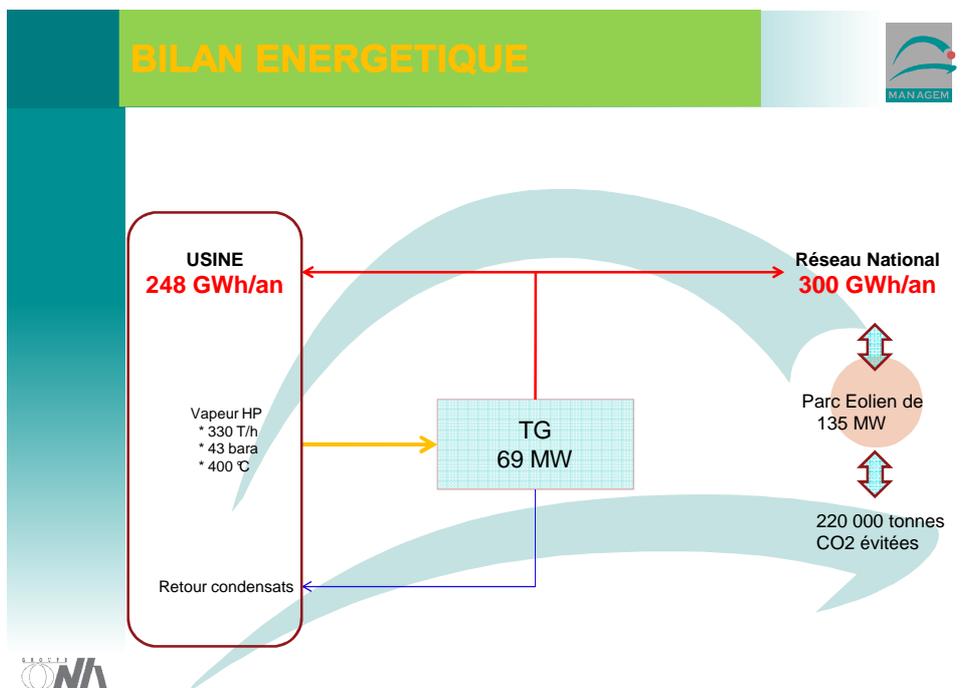
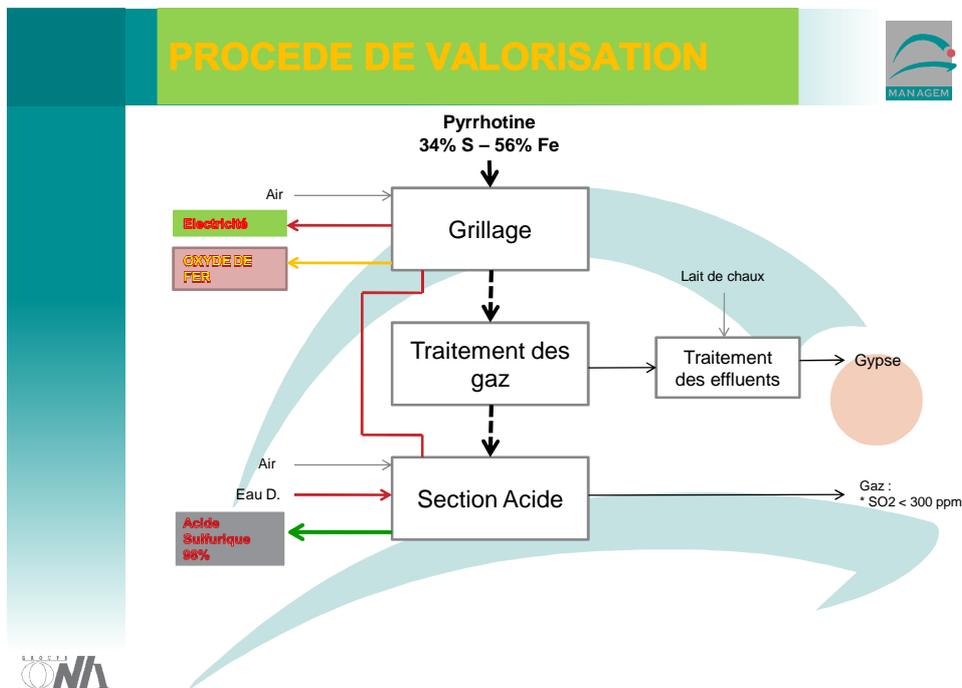


Figure 9 : Procédé de valorisation de la Pyrrotine et bilan énergétique

### 3 Utilisation des techniques et des technologies propres dans les transports

#### Description

Le secteur des transports au Maroc émet quelques 7,9 millions de tonnes eq. CO<sub>2</sub> soit 9% à 10% des émissions nationales des GES. La Fédération du Transport de la Confédération Générale des Entreprises du Maroc (FT-CGEM) a signé en 2009 une Convention Cadre de Partenariat avec le Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement. Cette convention a pour objet de définir un cadre de partenariat permettant aux parties concernées de réaliser conjointement les actions prioritaires en matière de protection de l'environnement et de développement durable relatives aux métiers du transport et de la logistique. Elle traduit la volonté commune du SEEE et de la FT-CGEM de contribuer à assurer la mise à niveau environnementale des branches d'activités logistiques et de transport routier de marchandises et de voyageurs. Elle permettra d'améliorer la compétitivité de ces filières et de se conformer aux exigences nationales et internationales des accords de libre échange et des accords multilatéraux environnementaux en relation avec l'Organisation Mondiale du Commerce.

Ce partenariat portera sur les principaux axes suivants<sup>11</sup> :

- 1 Promotion de l'éco-conduite.
- 2 Optimisation des flux pour une décongestion des routes et des villes.
- 3 Incitation à l'utilisation rationnelle du carburant dans les transports routiers.
- 4 Définition et mise en œuvre d'un «Référentiel plateforme logistique verte » avec application sur une ZLMF (zone logistique multi-flux) pilote.
- 5 Mise en place d'un Système de Management de l'Environnement (Label, Certification, Catégorisation, Observatoire...) et actualisation des normes environnementales.
- 6 Incitation à l'utilisation des technologies et des équipements innovants (énergies renouvelables, pneumatiques basse consommation,...)
- 7 Incitation à la contribution des entreprises à l'amélioration du cadre de vie des citoyens (à l'instar de la RSE)

#### Justification de la technologie

Le projet est justifié par ses retombées et bénéfices escomptés correspondant aux objectifs assignés aux activités du projet à savoir:

- ✓ Réduire de 30% le nombre de tonnes/kilomètres.
- ✓ Réduire de 35% les émissions de CO<sub>2</sub>.
- ✓ Contribuer à décongestionner les routes et les villes en optimisant l'utilisation des réseaux routiers existants.
- ✓ Améliorer les bâtiments logistiques eu égard au projet de « Référentiel plateforme logistique verte » visé dans l'axe 4 de la convention.
- ✓ Mettre en place un Observatoire de l'environnement en matière de transport et de la logistique.

#### Acteurs

La Fédération du Transport de la Confédération Générale des Entreprises du Maroc et le Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement Chargé de l'Eau et de l'Environnement

<sup>11</sup> Les spécifications des technologies utilisées pour la mise en œuvre du projet sont en cours d'étude. Elles seront spécifiées ultérieurement

Maturité de la Technologie

Maturité de la Technologie	
<input type="radio"/>	Recherche & Developpment
<input type="radio"/>	Démonstration/Pilote
<input checked="" type="radio"/>	Déploiement

Potentiel de succès

Potentiel de succès au Maroc	
<input type="radio"/>	Faible
<input type="radio"/>	Moyen
<input checked="" type="radio"/>	Fort

Références

- ✓ Technologies for Climate Change Mitigation – Transport Sector – GEF-UNEP-Riso centre, 2011 ;
- ✓ Mobilité urbaine et développement durable en Méditerranée : diagnostic prospectif régional – Plan Bleu, 2010.
- ✓ Les transports efficaces : En route vers une mobilité verte- Union Européenne-2009

#### 4 Utilisation des technologies des réseaux électriques intelligents

##### Description

L'Electric Power Research Institute (EPRI) définit le concept «Smart Grid» comme l'ensemble des technologies et des techniques permettant une modernisation du réseau électrique en vue de suivre, anticiper, protéger et optimiser automatiquement le fonctionnement des interconnexions au réseau électrique: des centrales de génération, aux réseaux de distribution ainsi qu'aux postes de consommations des utilisateurs finaux.

Le concept du Smart Grid est fondé sur l'utilisation des technologies digitales pour une modernisation des réseaux électriques classiques dans les domaines suivants :

- Evolution des systèmes de distribution radiale essentiellement unidirectionnels à des systèmes multi-directionnels ;
- Conversion des systèmes électro-mécaniques en numérique ;
- Evolution vers un réseau interactif qui intègre des informations sur les consommations des utilisateurs finaux.

Alors que les réseaux intelligents sont composés de systèmes complexes et intégrés, ils reposent souvent sur des technologies éprouvées. Les technologies connexes peuvent généralement être divisées en celles liées à la puissance, au transport et de contrôle des données, et aux utilisations. Plusieurs pays sont engagés dans des projets pilotes de démonstration des technologies smart grid. Ces technologies peuvent être également testées dans des réseaux électriques locaux dans le cadre d'une approche territoriale d'approvisionnement et de distribution décentralisées de l'énergie.

##### Justification de la technologie

La modernisation et l'amélioration des performances du réseau électrique national sont vitales pour le positionnement stratégique du Maroc comme pays de transit et d'export de l'énergie électrique en particulier verte. Le Maroc est ainsi appelé à devenir un acteur majeur des échanges énergétiques euro-méditerranéens. La modernisation du réseau électrique national est au centre de cette stratégie.

##### Acteurs

Les principaux acteurs et partenaires concernés par le projet : MEMEE-ONE -ADEREE

##### Maturité de la technologie

Maturité de la Technologie	
<input type="radio"/>	Recherche & Developpment
<input checked="" type="radio"/>	Démonstration/Pilote
<input type="radio"/>	Déploiement

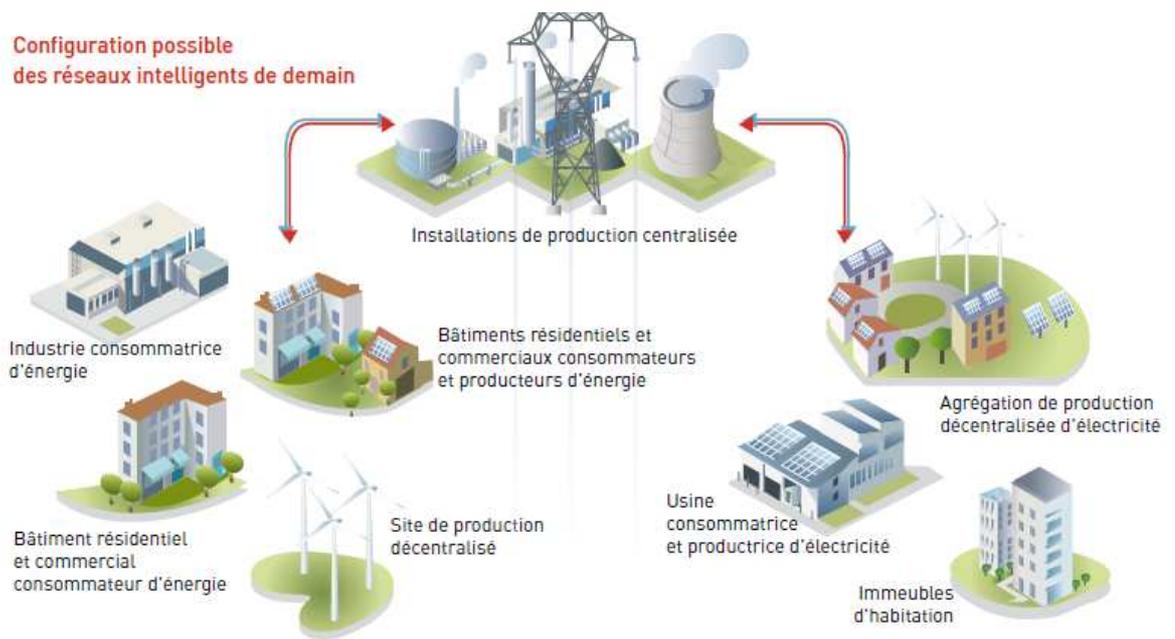
##### Potentiel de succès

Potentiel de succès au Maroc	
<input type="radio"/>	Faible
<input type="radio"/>	Moyen
<input checked="" type="radio"/>	Fort

##### Références

Principales références :

- ✓ Feuille de route sur les réseaux et systèmes électriques intelligents intégrant les énergies renouvelable - ADEME 2009
- ✓ Smart Grid- Pew Energy center - <http://www.pewclimate.org>
- ✓ Smart and Just Grids: Opportunities for sub-Saharan Africa- Imperial College London



**Figure 10 : Configuration possible des futurs réseaux intelligents**

## 5 Solaire : Production et utilisation des sels fondus dans les centrales solaires thermodynamiques

### Description

Les énergies renouvelables ont généralement une limitation due à leur caractère intrinsèque intermittent et à la difficulté de stockage de l'énergie produite. Si la limitation due au stockage est importante pour des énergies comme l'énergie éolienne ou photovoltaïque, elle l'est moins pour les technologies solaires thermodynamiques à concentration, dans lesquelles on peut intégrer des systèmes de stockage thermique (huile, PCM, béton, sels fondus,...).

Le stockage de l'énergie est un facteur clef. La combinaison d'une centrale CSP avec un accumulateur de chaleur permet d'augmenter la durée de fonctionnement de la turbine (fonctionnement pendant la nuit ou plus généralement dans les moments de plus faible ensoleillement) et de mieux contrôler l'intermittence du champ solaire.

Une exploitation plus avantageuse de la centrale est possible puisque l'électricité peut-être vendue durant les heures de pointes à des prix du kWh plus intéressants.

Les matériaux utilisés pour le stockage thermique sont : vapeur d'eau, huile, béton, acier, sable, sodium liquide et sels fondus.

Les sels fondus sont utilisés comme fluide thermique pour le stockage de l'énergie de centrales solaires thermodynamiques. Les sels sont stockés dans des tanks d'un diamètre pouvant aller jusqu'à 40 m et une hauteur de plus de 14 m. La température à froid est de 292°C et à chaud 386°C (pouvant aller jusqu'à 500°C).

Dans le cadre du programme solaire national, le Maroc compte développer à l'horizon 2020, 2000 MW en centrales solaires reliées au réseau électrique national. Le projet proposé consiste à accompagner le programme solaire marocain par la production locale et l'utilisation à l'échelle pilote des sels fondus comme fluide caloporteur et pour le stockage de l'énergie dans des centrales CSP.

### Justification de la technologie

La technologie proposée est justifiée par l'importance stratégique du programme solaire marocain qui devrait à terme assurer 14% de la puissance totale installée. Ce programme intégré comprend également deux composantes importantes à savoir une plateforme industrielle des composantes solaires et un institut de recherche et développement dédié aux énergies renouvelables : IRESEN, Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles.

### Acteurs

Les principaux acteurs et partenaires concernés par le projet sont le MASEN- L'IRESEN et Reminex

### Maturité de la technologie

Maturité de la Technologie	
<input checked="" type="radio"/>	Recherche & Développement
<input type="radio"/>	Démonstration/Pilote
<input type="radio"/>	Déploiement

### Potentiel de succès

Potentiel de succès au Maroc	
<input type="radio"/>	Faible
<input checked="" type="radio"/>	Moyen
<input type="radio"/>	Fort

### Références

Principales références :

- Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region-Final Report by German Aerospace Center(DLR)
- Archimede solar power plant [http://en.wikipedia.org/wiki/Archimede\\_solar\\_power\\_plant](http://en.wikipedia.org/wiki/Archimede_solar_power_plant)

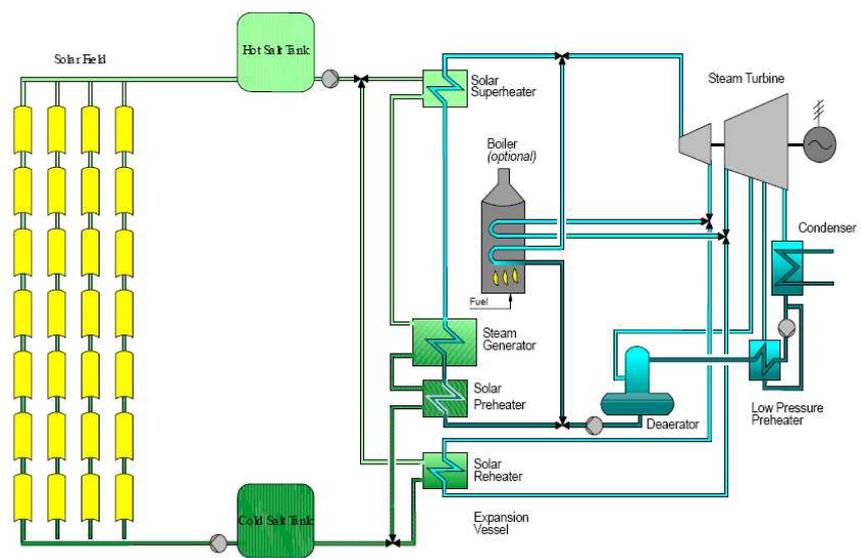


Figure 11 : Principe de centrales solaires avec capteurs cylindro-parabolique avec un stockage thermique aux sels fondus

## 6 Solaire : utilisation du solaire thermodynamique à concentration (tour solaire) pour le captage et stockage carbone

### Description

Les analyses de prospective énergétique ne laissent aucun doute sur la nécessité de recourir encore longtemps aux combustibles fossiles. La croissance des besoins énergétiques des grands pays émergents et les difficultés considérables d'infléchissement des consommations des pays grands consommateurs comme les Etats-Unis représentent deux contraintes majeures à la réduction de la part des énergies fossiles. Même des réductions drastiques de consommation d'énergie grâce au recours à des technologies très efficaces ainsi qu'au remodelage progressif des infrastructures ne seront pas suffisantes pour décarboner l'économie mondiale. Les consommations de combustibles fossiles demeureront importantes, pour les transports, mais aussi pour les grandes productions industrielles et énergétiques.

La technique du CCS (carbon capture and storage), captage et stockage de CO<sub>2</sub> consiste à capter le CO<sub>2</sub> émis par les industries ayant des rejets importants en CO<sub>2</sub> telles que les centrales électriques, les raffineries ou les cimenteries, puis de l'enfouir dans d'anciens champs gaziers ou mines épuisées, ou dans des aquifères profonds. Le CO<sub>2</sub> peut-être transformé également en biomasse précieuse en utilisant les micro-algues.

Le CCS est considéré par plusieurs scientifiques comme un moyen indispensable pour lutter contre le réchauffement climatique engendré par les émissions de gaz à effets de serre. D'après l'Agence Internationale de l'Energie (IEA), cette méthode pourrait contribuer à la réduction des émissions de GES à hauteur de 19% d'ici à 2050.

Le procédé de séparation et stockage de CO<sub>2</sub> par énergie solaire comprend deux étapes :

- a. La carbonisation qui est réalisée grâce à un flux constant d'air avec 500 ppm de CO<sub>2</sub> et 17% d'eau et une température de 365 à 400° C.
- b. L'étape suivante est la calcination, qui est réalisée à une température de 800 à 875°C.

L'énergie nécessaire aux deux étapes du procédé est produite grâce à la concentration d'énergie solaire.

**Figure 12 : procédé de séparation et stockage de CO<sub>2</sub> par énergie**

Source ETH Zurich

### Justification de la technologie

La technologie proposée est justifiée par l'importance du potentiel d'atténuation des GES de la technique CCS appelée à contribuer d'une manière substantielle à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Le projet proposé offre un double avantage : captage et stockage du carbone et le recours à une énergie propre et renouvelable sans pratiquement d'émissions additionnelles de carbone.

### Acteurs

Les principaux acteurs et partenaires concernés par le projet sont le MASEN, L'IRESEN et l'ONE

### Maturité de la technologie

Potentiel de succès au Maroc	
<input checked="" type="radio"/>	Faible
<input type="radio"/>	Moyen
<input type="radio"/>	Fort

**Potentiel de succès**

<b>Maturité de la Technologie</b>	
<input checked="" type="radio"/>	Recherche & Developpment
<input type="radio"/>	Démonstration/Pilote
<input type="radio"/>	Déploiement

**Références**

Principales références :

- ✓ ETH Zurich <http://www.ethz.ch/>
- ✓ IEA Technology Roadmap : CCS for Power Generation and Industry  
[www.iea.org/papers/2009/CCS\\_Roadmap.pdf](http://www.iea.org/papers/2009/CCS_Roadmap.pdf)

## 7 Solaire : utilisation du PV concentré

### Description

Avec un rayonnement solaire moyen de l'ordre de 5,5 kWh/m<sup>2</sup>/j et une durée d'ensoleillement pouvant atteindre 3000 heures par an, le Maroc dispose d'un excellent gisement solaire. Conscient de cet atout, le Maroc a développé une ambitieuse stratégie énergétique fondée entre autres, sur l'utilisation massive des énergies renouvelables en particulier le solaire.

Dans le cadre du programme solaire national, le Maroc compte développer à l'horizon 2020, 2000 MW en centrales solaires reliées au réseau électrique national. Ces centrales seront équipées de technologies solaires thermodynamiques (à concentration ou à basse température) ainsi que de centrales photovoltaïques (avec ou sans concentration).

La technologie PV de puissance est une technologie mure et elle est disponible dans le commerce. C'est une technologie fiable avec un important potentiel pour la croissance à long terme dans presque toutes les régions du monde. Selon l'AIE le PV fournira d'ici à 2050, environ 11% de l'électricité mondiale et il permettra ainsi d'éviter 2,3 gigatonnes des émissions de CO<sub>2</sub> par an.

Dans un module solaire photovoltaïque, le composant le plus cher est, de loin, la cellule photovoltaïque. En intercalant un dispositif concentrateur entre le soleil et la cellule, on peut utiliser des cellules beaucoup plus petites compte tenu du rendement élevé de la conversion énergétique. La concentration est obtenue par un système de miroirs paraboliques ou de lentilles de Fresnel. Le rapport de concentration peut ainsi atteindre x1000

Les panneaux ne fonctionnent correctement qu'avec un "tracking system" (héliostat), pour rester en permanence perpendiculaire aux rayons du soleil.



Figure 13 : Photo d'un panneau CPV type

Le CPV offre l'avantage d'une technologie utilisant moins de semi-conducteurs (0,1 % du PV conventionnel) avec un potentiel élevé d'intégration industrielle.

Le projet proposé consiste à accompagner le programme solaire marocain par la mise en œuvre d'une installation pilote CPV. Il a pour objet de tester la technologie en vue d'une intégration industrielle locale optimisée, et d'une diversification des technologies solaires du programme solaire marocain.

### Justification de la technologie

La technologie proposée est justifiée par l'importance stratégique du programme solaire marocain qui devrait à terme assurer 14% de la puissance totale installée. Ce programme intégré comprend également deux composantes importantes à savoir une plateforme industrielle des composantes solaires et un institut de recherche et développement dédié aux énergies renouvelables : IRESEN, Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies Nouvelles.

### Acteurs

Les principaux acteurs et partenaires concernés par le projet sont le MASEN et l'IRESEN

Maturité de la technologie

Maturité de la Technologie	
<input type="radio"/>	Recherche & Développement
<input checked="" type="radio"/>	Démonstration/Pilote
<input type="radio"/>	Déploiement

Potentiel de succès

Potentiel de succès au Maroc	
<input type="radio"/>	Faible
<input checked="" type="radio"/>	Moyen
<input type="radio"/>	Fort

Références

Principales références :

- ✓ Technology Roadmap Solar photovoltaic energy- IEA-2010

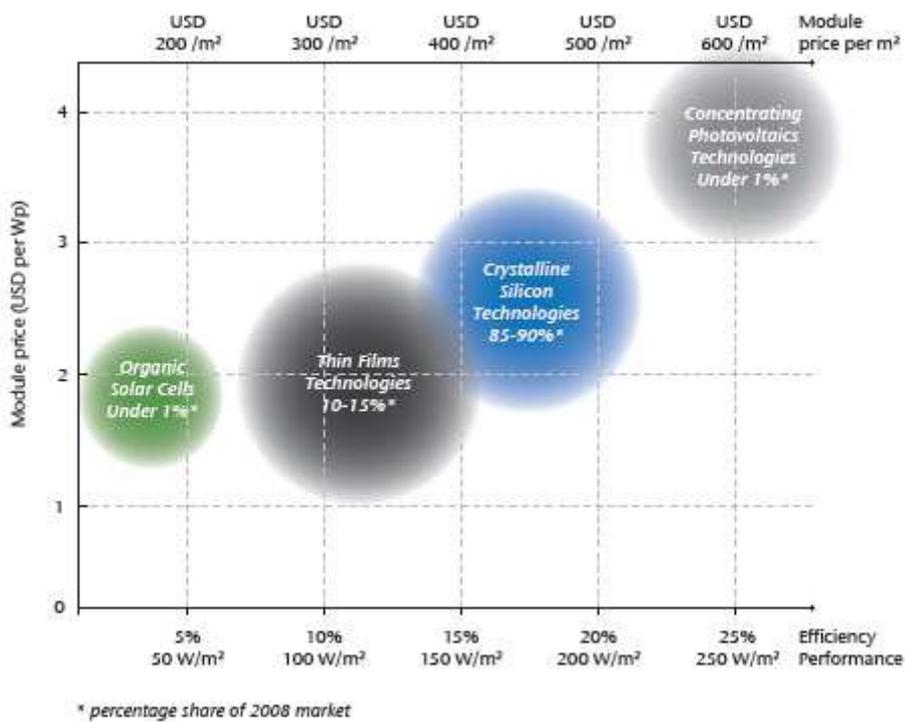


Figure 14: Performance et prix actuels des différentes technologies PV  
Source : IEA 2010

## 8 Utilisation de la technologie hydrolienne pour la génération de l'électricité

Le Maroc importe la quasi-totalité de ses besoins en énergie<sup>12</sup>. La facture énergétique a été multipliée par quatre depuis le début des années 2000 sous l'effet conjugué de l'augmentation des prix du pétrole, et de la croissance soutenue de la demande enregistrée durant la dernière décennie. Pour faire face à cette situation, le Maroc s'est doté d'une ambitieuse stratégie nationale visant la sécurisation de l'approvisionnement du pays en énergie électrique et la promotion des énergies renouvelables. Le Maroc s'est fixé ainsi pour objectif d'atteindre à l'horizon 2020, une contribution de 42% des énergies renouvelable à la puissance installée : 14% en solaire, 14% en éolien et 14% en hydraulique.

Pour atteindre cet objectif, une importante réforme du cadre législatif et réglementaire a été engagée et un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables a été mis en œuvre. Ce programme prévoit entre autres, le développement de deux filières intégrées d'une capacité globale de 4 000 MW : une capacité de 2000 MW en énergie solaire et 2000 MW en énergie éolienne.

A côté des gisements solaire et éolien, le Maroc dispose de plus de 3 500 km de côtes avec des zones très favorables à la production de l'énergie hydrolienne (courants marins stables et prévisibles). Ces courants offrent de très bonnes opportunités d'innover et d'améliorer les performances des modèles actuelles de 20% à 30%. Le développement d'une filière hydrolienne viendra compléter et diversifier le mix énergétique renouvelable du Royaume.

Le principe des hydroliennes consiste à placer des hélices ou des turbines dans l'axe des courants sous-marins afin de capter leur énergie. La force des courants actionne des pales reliées à des rotors dont l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique acheminée ensuite par des câbles sous-marins.

Les sites côtiers et les courants fluviaux, facilitant la fixation des hydroliennes sur les fonds marin et fluviaux et minimisant la distance à la côte, donc le coût du transport de l'énergie vers le continent, sont les plus favorables à l'installation d'hydroliennes dans un premier temps.

Le développement de l'hydrolienne repose sur les avantages et les caractéristiques suivants :

- ✓ L'eau est 800 fois plus dense que l'air ce qui permet de réduire la taille des turbines ;
- ✓ Les courants marins sont moins puissants que les vents mais réguliers et prévisibles ;
- ✓ Un impact environnemental limité ;
- ✓ Pas de nuisance sonore et visuelle.

L'exploitation des ressources énergétiques renouvelables disponibles dans les courants et les cours (marines et de rivières) est une filière intéressante. Aujourd'hui, cette filière est développée en Europe, en Asie et aux Etats Unis depuis plusieurs années.

Le projet proposé consiste à accompagner le programme national de développement des énergies renouvelables par l'amorce d'une nouvelle filière d'énergie hydrolienne au Maroc. Il s'agirait, dans un premier temps, d'installer des équipements de mesure et de prospection, afin de caractériser le potentiel énergétique des courants (marins ou de rivière). La mise en œuvre d'un projet de démonstration d'une hydrolienne sera réalisée pour acquérir les capacités nécessaires à la maîtrise et la valorisation de cette technologie.

La technologie proposée est justifiée par l'importance stratégique du programme national de développement des énergies renouvelables qui devrait assurer à l'horizon 2020, 42% de la puissance totale installée. Ce programme est fondé sur une approche de diversification des filières et d'intégration industrielle qui devait permettre au Maroc à terme, la complète maîtrise des filières.

Les principaux acteurs et partenaires concernés par le projet sont l'ADEREE et l'ONE.

<sup>12</sup> Taux dépendance énergétique du Maroc varie entre 95% et 98% selon la pluviométrie annuelle qui conditionne la contribution de l'hydraulique au bilan énergétique national.

### Description

### Justification de la technologie

### Acteurs

**Maturité de la technologie**

Maturité de la Technologie	
<input type="radio"/>	Recherche & Developpment
<input checked="" type="radio"/>	Démonstration/Pilote
<input type="radio"/>	Déploiement

**Potentiel de succès**

Potentiel de succès au Maroc	
<input type="radio"/>	Faible
<input type="radio"/>	Moyen
<input checked="" type="radio"/>	Fort

**Références**

Principales références :

- ✓ Hydrohelix Energies a envisagé trois sites pour d'éventuels parcs hydroliens : deux au large de la pointe de la Bretagne - l'un d'une capacité de 1.000 mégawatts (MW) sur la Chaussée de Sein et l'autre de 2.000 MW dans le Fromveur - et un troisième sur le Raz Blanchard au large du Cotentin. Sur ce dernier site, 1.500 turbines de 16 mètres de diamètre pourraient générer, compte tenu de courants exceptionnellement forts, une puissance en pointe de 3.000 MW. La production annuelle de ces trois parcs pourrait atteindre les 25.000 gigawattheures (GWh), soit 5 % de la production électrique française.
- ✓ Société Energie de la Lune : [http://www.energiedelalune.fr/IMG/pdf/Plaqueette\\_tech\\_fr.pdf](http://www.energiedelalune.fr/IMG/pdf/Plaqueette_tech_fr.pdf)
- ✓ MREC : Marine Renewable Energy Centre
- ✓ <http://energiesdelamer.blogspot.com/2008/03/hydroliennes-du-projet-la-ralit.html>

## 9 Biocarburant à partir des micro algues

### Description

Le Maroc importe la quasi-totalité de ses besoins en énergie<sup>13</sup>. La facture énergétique a été multipliée par quatre depuis le début des années 2000 sous l'effet conjugué de l'augmentation des prix du pétrole et de la croissance soutenue de la demande enregistrée durant la dernière décennie. Pour faire face à cette situation, le Maroc s'est doté d'une ambitieuse stratégie nationale visant la sécurisation de l'approvisionnement du pays en énergie électrique et la promotion des énergies renouvelables. Le Maroc s'est fixé ainsi pour objectif d'atteindre à l'horizon 2020, une contribution de 42% des énergies renouvelable à la puissance installée : 14% en solaire, 14% en éolien et 14% en hydraulique.

A côté des gisements solaire et éolienne, le Maroc dispose de plus de 3 500 km de côtes avec des zones riches en algues très diversifiées. Le milieu marin offre une opportunité intéressante de production de biocarburant à partir de micro algues: captage de CO<sub>2</sub> et utilisation du processus de photosynthèse pour la multiplication des micro-algues, extraction des lipides de la biomasse algale et la production de biocarburants. C'est une nouvelle filière d'énergie renouvelable de production de biocarburants à partir de la biomasse algale. Cette technique a été testée avec succès dans plusieurs pays. La production de l'algo carburant est réalisée en deux étapes :

- Captage du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère ou d'un gaz de rejets industriels et son utilisation pour la multiplication des micro-algues ;
- Utilisation de la biomasse algale pour produire de l'énergie (biocarburant) comme source alternative d'énergie renouvelable.

Les algocarburants sont considérés comme des biocarburants de « troisième génération ». Les biocarburants dits de "première génération" sont produits à partir d'huiles (palme, tournesol...), d'alcool (betterave, maïs) et de biogaz (boues, lisiers). Cette filière offre des perspectives intéressantes mais elle présente l'inconvénient de rentrer en compétition directe avec les cultures destinées à l'alimentation. La "deuxième génération" des biocarburants est développée à partir de sources de biomasse ligno-cellulosiques (paille, peuplier, et résidus lignocellulosiques issus des industries de l'agriculture, de la sylviculture et du bois). Les derniers développements en la matière concernent les biocarburants de "troisième génération" à base de micro algues capables d'offrir les meilleurs rendements. En effet, certaines micro algues peuvent accumuler jusqu'à 80 % de leur poids sec sous forme d'acides gras. Ce fait, permet d'envisager des rendements à l'hectare 30 à 100 fois supérieurs par rapport aux espèces oléagineuses terrestres, rendant ainsi envisageable une production industrielle, sans déforestation massive ni concurrence avec les cultures alimentaires.

Le projet consiste en la réalisation d'un projet pilote de production de biocarburants à partir de la biomasse algale et la production de biocarburants.

### Justification de la technologie

Le projet proposé est justifié par l'importance stratégique du programme de développement des énergies renouvelables au Maroc, et par la nécessité de diversifier les filières d'approvisionnement énergétique du Royaume. Cette nouvelle filière offre de très bonnes perspectives de production énergétique à partir d'une source locale disponible, propre et renouvelable.

### Acteurs

Les principaux acteurs et partenaires concernés par le projet sont l'ADEREE, la SIE et l'Université Chouaib Doukkali-Faculté des Sciences- El Jadida.

<sup>13</sup> Taux dépendance énergétique du Maroc varie entre 95% et 98% selon la pluviométrie annuelle qui conditionne la contribution de l'hydraulique au bilan énergétique national.

**Maturité de la technologie**

Maturité de la Technologie	
<input type="radio"/>	Recherche & Développement
<input checked="" type="radio"/>	Démonstration/Pilote
<input type="radio"/>	Déploiement

**Potentiel de succès**

Potentiel de succès au Maroc	
<input type="radio"/>	Faible
<input type="radio"/>	Moyen
<input checked="" type="radio"/>	Fort

**Références**

Principales références :

- IEA Bioenergy 2010 Annual Report includes a special feature article 'Algal Biofuels Status and Prospects' prepared by Task 39. [www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6780](http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6780)



**Figure 15 : Avantages et inconvénients des deux méthodes de production et de multiplication de micro algues**

## 10 Captage et stockage géologique du carbone

### Description

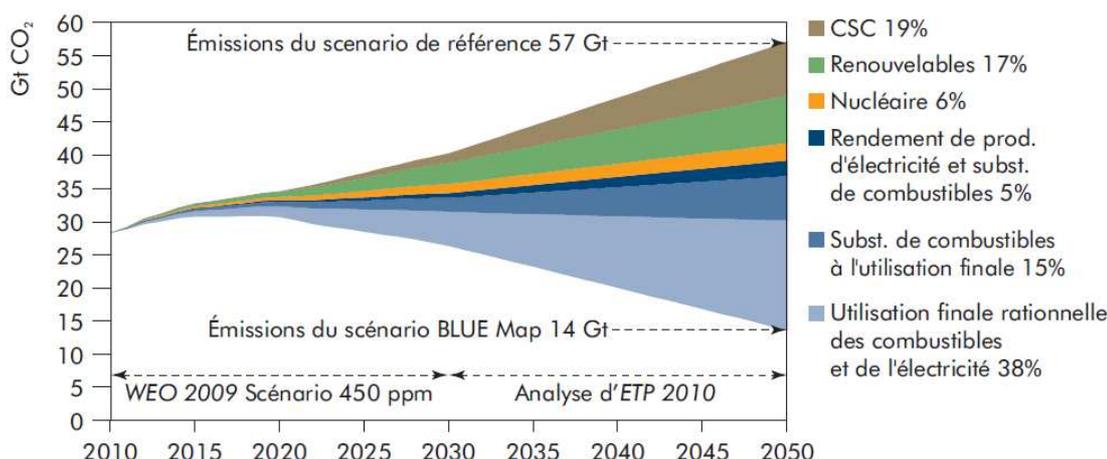
La technologie consiste à capter le CO<sub>2</sub> des rejets atmosphériques des grandes industries, le transporter et le stocker dans des structures géologiques.

Les principales industries concernées sont la génération de l'électricité (centrales thermiques), les cimenteries, les aciéries, etc. (voir tableau ci-après)

**Concentrations typiques de CO<sub>2</sub> dans les rejets gazeux des usines fortes émettrices de gaz carbonique**

Type of plant	Typical CO <sub>2</sub> -concentration in waste gas
Cement plants	15–25 percent
Iron- and steelworks	15–20 percent
Ammonia plants (waste gas)	8 percent
Ammonia plants (pure CO <sub>2</sub> )	100 percent
Refineries	3–18 percent
Hydrogen production (waste gas)	8 percent
Hydrogen production (pure CO <sub>2</sub> )	100 percent
Petrochemical plants	8–13 percent
<i>Power stations (flue gas)</i>	<i>3–15 percent</i>

Dans son dernier rapport sur les perspectives énergétiques en 2050, l'IEA a estimé que le captage et le stockage du carbone(CSC) offre un potentiel de 8 GT de CO<sub>2</sub> à l'horizon 2050, soit 20% des réductions des émissions des GES requises pour limiter le réchauffement climatique à 2°C.



**Figure 16 : Part des différentes technologies dans le niveau d'atténuation requis à l'horizon 2050**  
 Source : IEA 2011

La technologie est au stade de recherche et développement des installations pilotes. En 2008, le G8 a recommandé la réalisation de 20 projets pilotes CSC. Depuis cette date, des progrès significatifs ont été faits pour l'amélioration des connaissances des technologies à travers la réalisation d'installations pilotes et le développement de cadres juridiques et réglementaires. Plusieurs gouvernements se sont engagés à fournir plus de 26 milliards de dollars en soutien financier pour projets de démonstration.

Une étude récente a identifié 80 projets grande-échelle CSC dans le monde dont un au stade de construction (projet Gorgon en Australie).



**Figure 17 : Carte de localisation des différents projets CCS en cours de réalisation**

Il est utile de préciser que le Maroc participe au projet COMET, un projet de recherche financé par la commission européenne. Le but du projet est de concevoir une infrastructure de transport de CO<sub>2</sub> qui soit économiquement viable, et ce dans la zone ouest de la Méditerranée, c'est-à-dire en Espagne, au Portugal et au Maroc.

Concrètement le projet consiste à réaliser les activités suivantes:

- Identification des sites favorables et évaluation du potentiel du CSC au Maroc ;
- Réalisation d'une étude de faisabilité technique, financière et économique de la technique CSC au Maroc ;
- Selon les résultats de l'étude de faisabilité la réalisation d'un projet pilote CSC.

**Justification de la technologie**

La technologie proposée est justifiée par l'importance stratégique accordée à cette technologie dans les efforts d'atténuation des GES de la part de la communauté internationale pour maintenir le réchauffement climatique sous le seuil de 2°C : potentiel de séquestration estimé à 8 gigatonnes à l'horizon 2050.

**Acteurs**

Les principaux acteurs et partenaires concernés par le projet sont l'ONE, l'APC ADEREE et COMET

**Maturité de la technologie**

Maturité de la Technologie	
<input type="radio"/>	Recherche & Développement
<input checked="" type="radio"/>	Démonstration/Pilote
<input type="radio"/>	Déploiement

**Potentil de succès**

Potentiel de succès au Maroc	
<input type="radio"/>	Faible
<input checked="" type="radio"/>	Moyen
<input type="radio"/>	Fort

**Références**

Principales références :

- ✓ IEA Technology Roadmap : CCS for Power Generation and Industry  
[www.iea.org/papers/2009/CCS\\_Roadmap.pdf](http://www.iea.org/papers/2009/CCS_Roadmap.pdf);
- ✓ Carbon Capture & Sequestration Technologies - MIT Energy Initiative  
<http://sequestration.mit.edu/index.html>
- ✓ <http://comet.lneg.pt>

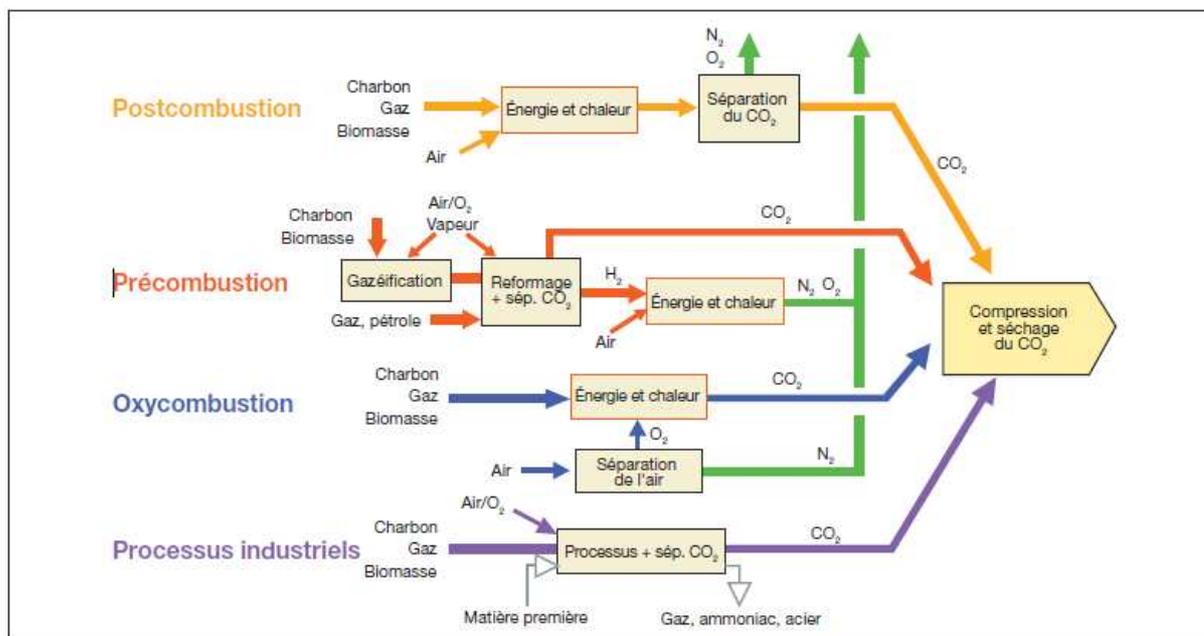


Figure 18 : Procédés de captage du CO2 (Source IPCC)

## **Annexe II. Liste des parties prenantes concernées avec leurs contacts**

**Projet d'Evaluation des Besoins en Technologies**  
**Liste des responsables et parties prenantes du projet**

**Supervision du processus EBT**

Nom & Prénom	Organisme	Téléphone	FAX	E mail
AHERDAN Maya	Directeur de l'Observation et de la Programmation au Département de l'Energie	0537 68 87 85		<a href="mailto:m.aherdan@mem.gov.ma">m.aherdan@mem.gov.ma</a>
NBOU Mohamed	Directeur des Etudes, de la Planification et de la Prospective	0537 57 66 41	0537 57 66 42	<a href="mailto:nbou@environnement.gov.ma">nbou@environnement.gov.ma</a>

**Equipe des consultants**

Nom & Prénom	Organisme	Téléphone	FAX	E mail
SEDRATI M'hamed	Assoc. GERERE FACILITATEUR EBT_C	0661484877		<a href="mailto:amised2001@yahoo.fr">amised2001@yahoo.fr</a>
LAHBABI Abdelmourhit	ADS Maroc	0537 68 10 11		<a href="mailto:Lahbabi.a@gmail.com">Lahbabi.a@gmail.com</a>
SINAN Mohamed	EHTP	06 19 20 02 06		<a href="mailto:sinan_mohamed@yahoo.fr">sinan_mohamed@yahoo.fr</a>

## Parties prenantes consultées

Nom & Prénom	Organisme	Téléphone	FAX	E mail
AHNACH, Abdellah	ONE Chef de Division	0661950241	0522668061	<a href="mailto:ahnach@one.ma">ahnach@one.ma</a>
ATTOU	LAPROPHAN	05 22 61 83 83		<a href="mailto:lphdei@laprophan.com">lphdei@laprophan.com</a>
BARAKATE Med	MANAGEM	06 61 07 22 34		<a href="mailto:barakate@managem-ona.com">barakate@managem-ona.com</a>
BENBOUIDA, Mohammed	Direction de la Technologie, MENESFCRS	0661356955	0537217650	<a href="mailto:benbouida@gmail.com">benbouida@gmail.com</a>
BENCHEKROUN, Moncef	FST – Settât	0677164239	0523400969	<a href="mailto:m_benchekroune02@yahoo.fr">m_benchekroune02@yahoo.fr</a>
BENNANI, Aziza	Secrétariat d'Etat à l'Eau & l'Environnement (DSPR)	0660243065		<a href="mailto:azizabennani@yahoo.fr">azizabennani@yahoo.fr</a>
BOUKRAICHI Mohammed	COSUMAR	05 22 67 83 36		<a href="mailto:m.boukraichi@cosumar.co.ma">m.boukraichi@cosumar.co.ma</a>
BOUNJA Zouhair	SAMIR	06 41 04 33 13		<a href="mailto:z.bounja@samir.ma">z.bounja@samir.ma</a>
BOUTALEB Abderrahim	Bureau Veritas Maroc	06 61 94 66 61		<a href="mailto:abderrahim.boutaleb@ma.bureauveritas.com">abderrahim.boutaleb@ma.bureauveritas.com</a>
CHABLOU Assou	HCEFLCD Ingénieur à La DDF	0537671058	0537671058	<a href="mailto:chablouassou@yahoo.fr">chablouassou@yahoo.fr</a>
CHAKOUR Abderrahim	MIENT	05 37 66 96 32/55		<a href="mailto:abderrahime@mcinet.gov.ma">abderrahime@mcinet.gov.ma</a>
CHEKKOURI, Salma	Département du tourisme DRDO	0537577846/50		<a href="mailto:schekkouri@tourisme.gov.ma">schekkouri@tourisme.gov.ma</a>

## Annexe II

## Maroc

Nom & Prénom	Organisme	Téléphone	FAX	E mail
CHERKAOUI Omar	ESITH	06 67 45 91 19		<a href="mailto:cherkaoui@esith.ac.ma">cherkaoui@esith.ac.ma</a>
DAKKINA Abdelali	ADEREE	0663662836	0537683987	<a href="mailto:dakima2002@yahoo.fr">dakima2002@yahoo.fr</a>
EL BOUARDI Abdelmajid	Université AbdelMalek ESSAADI Directeur du Laboratoire Energétique	0659045965		<a href="mailto:a_bouardi@yahoo.fr">a_bouardi@yahoo.fr</a>
EL BOUAZZAOUI Rachid	MIENT	05 37 66 96 32/55		<a href="mailto:rachide@mcinet.gov.ma">rachide@mcinet.gov.ma</a>
EL MAJID Zayer	MENESFCRS	0661412519		<a href="mailto:z.elmajid@enssup.gov.ma">z.elmajid@enssup.gov.ma</a>
EL MOUKHLISS Ouafae	MHUAE	0661046247		<a href="mailto:elmoukhliouafae@yahoo.fr">elmoukhliouafae@yahoo.fr</a>
ELBAKKALI Imad	GQC	06 61 10 06 87		<a href="mailto:imad@gqc.ma">imad@gqc.ma</a>
ELMAJID Zayer	Direction de la Technologie MENESRERS	0661293201	0537217649	<a href="mailto:z.elmajid@enssup.gov.ma">z.elmajid@enssup.gov.ma</a>
ELMANDJRA Meriem	RIO	06 45 21 21 21		<a href="mailto:meriem-elmandjra@rio.ma">meriem-elmandjra@rio.ma</a>
ETTAIK Zohra	MEMEE-DEER-DERME Chef de Division DERME	0537688755	0537688761	<a href="mailto:z.ettaik@mem.gov.ma">z.ettaik@mem.gov.ma</a>
EZZAMRANI Yassine	ONE Ingénieur	0668680503		<a href="mailto:ezzamrani@one.ma">ezzamrani@one.ma</a>
FADEL Youssef	Ministère de l'Industrie Chef de Division	0537669642 0664162313	0537669680	<a href="mailto:yousseff@mcinet.gov.ma">yousseff@mcinet.gov.ma</a>
FADIL Youssef	MICNT	0664162313		<a href="mailto:yousseff@mcinet.gov.ma">yousseff@mcinet.gov.ma</a>
FADLI , Abdelilah	FT-CGEM	06 49 99 41 58		<a href="mailto:amki@wanadoo.ma">amki@wanadoo.ma</a>

## Annexe II

## Maroc

Nom & Prénom	Organisme	Téléphone	FAX	E mail
FAHMI Kamal	MANAGEM	06 61 10 43 26		<a href="mailto:fahmi@managem-ona.com">fahmi@managem-ona.com</a>
GAOUI Adil	FT-CGEM	06 61 85 32 82		<a href="mailto:adil.gaoui@ponts.org">adil.gaoui@ponts.org</a>
GAROUME Mohammed	Ecole Supérieure de Technologie Salé	0662387005	0537881569/67	<a href="mailto:garoume@yahoo.fr">garoume@yahoo.fr</a>
HAMID MARAH	CNESTEN	0661479120	0537803317	<a href="mailto:marah@cnesten.org.ma">marah@cnesten.org.ma</a>
HILALI Abdelaly	IAV HASSAN II	0678126325	0537672750	<a href="mailto:a.hilali@iav.ac.ma">a.hilali@iav.ac.ma</a>
IKKEN, Badr	DG de l'IRESEN	0661305077	0537571017	<a href="mailto:ikken@masen.ma">ikken@masen.ma</a>
JAIDOURI Slimane	MEMEE (DCC) Chef du service des combustibles solide	0641993856	0537688713	<a href="mailto:s.jaidouri@mem.gov.ma">s.jaidouri@mem.gov.ma</a>
JAMAL Ibijbijen	Fac. Sciences Meknès	0670135002	0535536808	<a href="mailto:jamal_ibijbijen@yahoo.fr">jamal_ibijbijen@yahoo.fr</a>
KARROUKE Med Said	Université Hassan II IBBP	0661156051	0522705100	<a href="mailto:chimDev.Maroc@gmail.com">chimDev.Maroc@gmail.com</a>
KHATIRI Manal	Direction de la Technologie	0673401293		<a href="mailto:manal.khatiri@gmail.com">manal.khatiri@gmail.com</a>
KOURAICH Aicha	GIZ (Initiative MDP)	06 61 83 27 67		<a href="mailto:env.mdp@gmail.com">env.mdp@gmail.com</a>
KOUSSA Tayeb	Fac. Sciences EL Jadida (Univ CHOUAIB DOUKKALI)	0668401281	0523342187	<a href="mailto:koussatayeb@hotmail.com">koussatayeb@hotmail.com</a>
MACHKOURI Fatiha	MEMEE_DEM_DOP Chef de service	0537688756		<a href="mailto:f.machkouri@mem.gov.ma">f.machkouri@mem.gov.ma</a>
MARGERIE Thierry	ALSTOM	05 22 78 98 00		<a href="mailto:thierry.de-margerie@crn.alstom.com">thierry.de-margerie@crn.alstom.com</a>

## Annexe II

## Maroc

Nom & Prénom	Organisme	Téléphone	FAX	E mail
MARION Klein	Synergence Gaïa	06 26 75 32 31		<a href="mailto:marion@klein.st">marion@klein.st</a>
MEKAOUI Mohamed	ADEREE Chef de service	0537683986	0537683987	<a href="mailto:m.mekaoui@cder.org.ma">m.mekaoui@cder.org.ma</a>
MEZZOUR, Ryad	CGEM	0661087244		<a href="mailto:r.mezzour@suzuki.ma">r.mezzour@suzuki.ma</a>
NOUNAH Abderrahman	EST – Salé	0667910395	0537881564	<a href="mailto:abnounah@yahoo.fr">abnounah@yahoo.fr</a>
OUATTASSI Mina	MEMEE_ DME_DOP Chef de Division	0641993457		<a href="mailto:m.ouattassi@mem.gov.ma">m.ouattassi@mem.gov.ma</a>
OUCHRI Omar	CMPP Chef de projet	0679887010		<a href="mailto:Omar.ouchri@cmpp.ma">Omar.ouchri@cmpp.ma</a>
SDAIKI Hakima	Direction de la Technologie	0670424252		<a href="mailto:hsdaiki@yahoo.com">hsdaiki@yahoo.com</a>
SHAIMI Mahjouba	MEMEE-DEER-DERME Ingénieur d'Etat	0537688089	0537688761	<a href="mailto:Shaimi02@yahoo.fr">Shaimi02@yahoo.fr</a>
SNOUSSI Maria	Université Med V Rabat Faculté des Sciences	0661401532	0537771957	<a href="mailto:ma_snoussi@yahoo.fr">ma_snoussi@yahoo.fr</a>
SQUALLI, Ahmed	AMISOLE Président	0661132850	0522230999	<a href="mailto:squalli@wanadoo.ma">squalli@wanadoo.ma</a>
ZEJLI Driss	C.N.R.S.T Responsable unité TEER	0669220236	0537778677	<a href="mailto:zejli@cnrst.ma">zejli@cnrst.ma</a>
ZKIOU Abdelillah	MEMEE-DEER-DERME-STE Chef du service des Technologies Energétiques	0641993906 0667444805	0573688761	<a href="mailto:azkiou@yahoo.fr">azkiou@yahoo.fr</a>